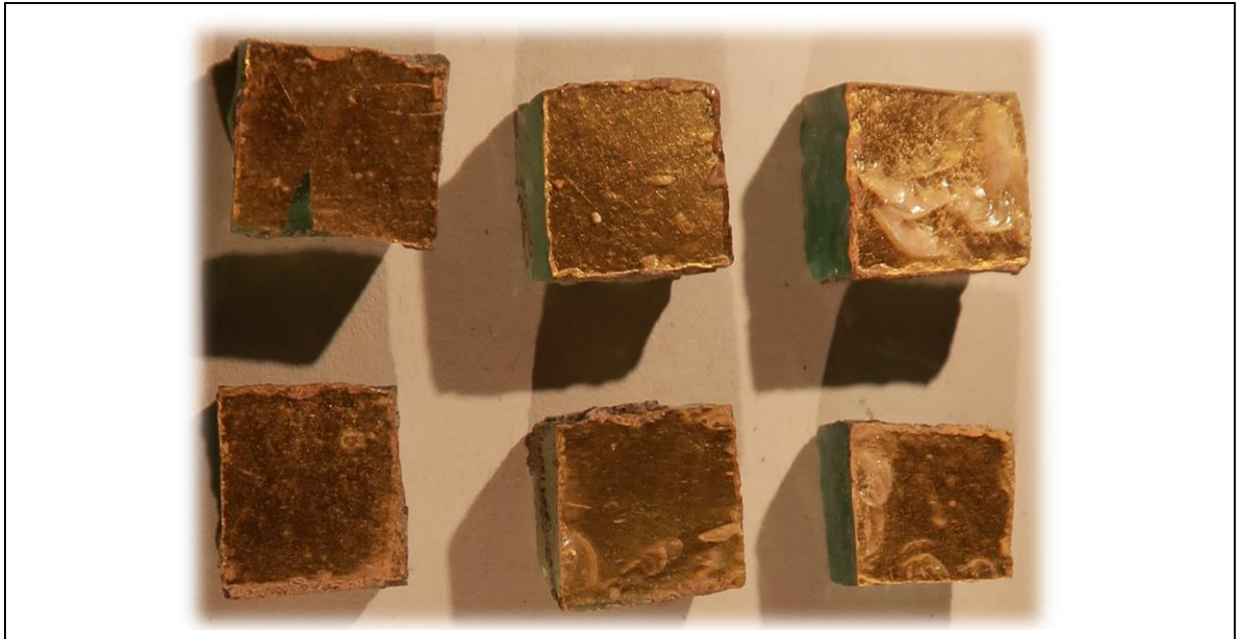


LES TESSEL·LES DE VIDRE METÀL·LIC DAURAT DE MURANO EMPRADES EN MOSAIC  
ESTUDI, CARACTERITZACIÓ, EVOLUCIÓ HISTÒRICA I CONSERVACIÓ-RESTAURACIÓ



© Museu Nacional d'Art de Catalunya, Barcelona (2020)  
Foto: Irene García Díaz

**Autor/a: IRENE GARCÍA DÍAZ**

**Treball Final de Grau**

Grau de Conservació-Restaureció de Béns Culturals

Tutora: MARTA VILÀ RABELLA

Curs: 2019/2020

## AGRAÏMENTS

*A los tres hombres de mi vida por cuidarme y quererme tanto.*

*A las dos mujeres de mi vida por haberme traído hasta aquí.*

*A la meva tutora Marta per haver posat tant d'interès i atenció.*

## RESUM

En aquest treball s'estudiarà el vidre metàl·lic daurat de Murano, des del punt de vista de la conservació i restauració, tot fent especial èmfasi, en la seva fabricació, i tècniques d'ús en mosaic i les degradacions que se'n poden derivar.

Per tal de facilitar les futures intervencions en aquest tipus de material i les seves propostes d'intervenció, s'indagarà en la bibliografia disponible sobre el tema i mitjançant també la pròpia observació d'aquest material emprat en mosaic, es proposaran mètodes simples d'estudi i diagnòstic del material, ja que com és per a tots els d'aquest sector professional ben sabut, el Conservador-Restaurador gairebé mai disposa d'elevats recursos, laboratoris ni eines sofisticades de diagnosi, sinó que en nombroses ocasions ha de treballar en vers la experiència, pròpia o aliena, d'intervencions anteriors de caràcter similar i els coneixements que en tingui o als que en pugui accedir sobre el tema.

Paraules claus: Vidre Metàl·lic Daurat, Murano, Mosaic, Trencadís, Conservació, Restauració.

## ABSTRACT

The aim of this work is to study the Golden Murano Metallic Glass, from the point of view of Conservation and Restoration, with special emphasis on its manufacture, and techniques of use in mosaic and the degradations that they can derive.

In order to facilitate future interventions in this type of material and its proposals for intervention, it will be an exhaustive research of the available bibliography on the subject will be investigated and through the observation of this material used in mosaic, simple methods of study and diagnosis of the material, because as is the case for all in this well-known professional sector, the Conservator-Restorer almost never has high resources, laboratories or sophisticated diagnostic tools, and finally, on many



occasions has to work in verse the own or other people's experience, of previous interventions of similar nature and, of course, the knowledge that the professional has about it or to which can reach through documentary research.

Keywords: Golden Metallic Glass, Murano, Mosaic, Trencadís, Conservation, Restoration.



## ÍNDEX

1.INTRODUCCIÓ.....	pàg.8.
2.OBJECTIUS.....	pàg.9.
3.METODOLOGIA I LIMITACIONS.....	pàg.10.
4.MARC TEÒRIC.....	pàg.13.
4.1.MATERIAL.....	pàg.13.
4.1.1.ORIGEN, FABRICACIÓ I QUALITAT.....	pàg.16.
4.1.2.CARACTERÍSTIQUES FÍSiques, QUÍMIQUES I TERMODINÀMIQUES.....	pàg.25.
4.1.3.ÚS EN MOSAIC I TÈCNIQUES D'APLICACIÓ.....	pàg.31.
4.1.3.1.TRADICIONAL.....	pàg.32.
4.1.3.1.1.TIPOLOGIA DE TESSEL·LES.....	pàg.32.
4.1.3.1.1.1.ESTIL BIZANTÍ.....	pàg.32.
4.1.3.1.1.2.ESTIL VENECIÀ.....	pàg.34.
4.1.3.1.2.TIPUS DE MORTER.....	pàg.35.
4.1.3.1.2.1.ESTIL BIZANTÍ.....	pàg.35.
4.1.3.1.2.2.ESTIL VENECIÀ.....	pàg.37.
4.1.3.2.MODERNISTA.....	pàg.39.
4.1.3.2.1.TIPOLOGIA DE TESSEL·LES.....	pàg.40.
4.1.3.2.1.1.LLUÍS BRÚ I SALELLES.....	pàg.40.
4.1.3.2.1.2.ANTONI GAUDÍ I CORNET.....	pàg.42.
4.1.3.2.2.TIPUS DE MORTER.....	pàg.45.



4.1.3.2.2.1.LLUÍS BRÚ I SALELLES.....	pàg.46.
4.1.3.2.2.2.ANTONI GAUDÍ I CORNET.....	pàg.47.
4.1.3.3.ACTUALITAT.....	pàg.48.
4.1.3.3.1.TIPOLOGIA DE LES TESSEL·LES.....	pàg.49.
4.1.3.3.2.TIPUS DE MORTER.....	pàg.51.
5.ALTERACIONS I FACTORS DE DEGRADACIÓ.....	pàg.54.
5.1.FACTORS INTRÍNSECS.....	pàg.55.
5.1.1.FABRICACIÓ.....	pàg.56.
5.1.2.TÈCNICA D'APLICACIÓ.....	pàg.59.
5.1.3.MORTER I CAPES PREPARATÒRIES.....	pàg.61.
5.2.FACTORS EXTRÍNSECS.....	pàg.63.
5.2.1.EL SOL.....	pàg.64.
5.2.1.1.INCIDÈNCIA RAIGS UV I IR.....	pàg.65.
5.2.1.2.INCREMENTS I VARIACIONS DE TEMPERATURA.....	pàg.67.
5.2.2.AIGUA.....	pàg.69.
5.2.2.1.FILTRACIONS I DESGAST.....	pàg.70.
5.2.2.2.SALS SOLUBLES I CONCRECIIONS.....	pàg.79.
5.2.2.3.BIODETERIORAMENT I CONTAMINACIÓ.....	pàg.83.
6.SUGGERIMENTS I REFLEXIONS AL VOLTANT DEL DIAGNÒSTIC, CONSERVACIÓ PREVENTIVA I RESTAURACIÓ DE LES TESSEL·LES DE VIDRE METÀL·LIC DAURAT.....	pàg.86.
6.1.SUGGERIMENTS I REFLEXIONS AL VOLTANT DEL DIAGNÒSTIC.....	pàg.87.



6.2.SUGGERIMENTS I REFLEXIONS AL VOLTANT DE LA CONSERVACIÓ PREVENTIVA .....	pàg.90.
6.3.SUGGERIMENTS I REFLEXIONS AL VOLTANT DE LA RESTAURACIÓ.....	pàg.93.
7.CONCLUSIONS.....	pàg.94.
8.FUTURES LINIES D'INVESTIGACIÓ.....	pàg.97.
9.BIBLIOGRAFIA.....	pàg.99.
9.1.FONTS BIBLIOGRÀFIQUES.....	pàg.99.
9.2.FONTS WEB.....	pàg.113.
10.ANNEXOS.....	pàg.117.
10.1.ANNEX PRÀCTIQUES EXTERNES.....	pàg.117.

## 1. INTRODUCCIÓ

Amb l'elaboració d'aquest Treball de Final de Grau es pretén dur a terme un profund estudi sobre un material ben particular, conegut com a vidre metàl·lic daurat de Murano, de complexa fabricació i composició i utilitzat des de temps antics en l'elaboració de tota mena de mosaics, presentant així inevitables canvis a través del temps i la història.

Gràcies a l'oportunitat de poder realitzar pràctiques externes al MNAC (Museu Nacional d'Art de Catalunya), es van poder observar de primera mà nombrosos exemplars d'aquest material emprat en mosaic (pertanyents a la peça 153203-000 del Museu Nacional d'Art de Catalunya), amb més de cent anys d'envelliment natural, que presentaven certes degradacions ben particulars i cridaneres que van despertar la curiositat pel vidre metàl·lic daurat i si més no, la necessitat de posar nom a aquestes degradacions i ser capaç d'identificar el seu origen d'una forma no gaire costosa i que no requerís laboratoris ni sofisticats aparells de diagnosi i proves invasives.

Sempre des del punt de vista de la conservació-restauració, aquest treball indaga a la vida d'aquest material des que comença la seva fabricació fins que és utilitzat en obres i es degrada, moment en el qual arriba a les mans d'un conservador-restaurador, qui ha de ser capaç de conèixer el que té entre mans, quin és el seu comportament passats els anys i com l'afecten les adversitats atmosfèriques, humanes i biològiques.

Aquest treball consta d'una primera part (teòrica) en la que s'aprofundeix sobre el material en si, la seva fabricació, característiques físiques i químiques i el seu ús al llarg de la història i tècniques d'aplicació, des del seu origen fins a gairebé l'actualitat. D'una segona part (d'aplicació pràctica dels coneixements adquirits i la pròpia experiència) en la que es recullen les seves degradacions i comportament més habituals i s'aborda com es sol intervenir aquest material. I per últim, una tercera part amb algunes propostes de millora del material, el seu ús, fabricació i de prevenció de les seves degradacions, així com, una proposta de metodologia (de baix pressupost)



per a identificar les degradacions més comunes posades en pràctica en l'observació pròpia de les tesselles de la peça 153203-000 del MNAC.

## 2.OBJECTIUS

Amb aquest treball es pretén demostrar la hipòtesi que mitjançant una observació acurada, una bona recerca documental i les eines més bàsiques i accessibles, el conservador-restaurador pot determinar de forma molt aproximada i bastant precisa, quines són les degradacions i anomalies que presenta el material a tractar i d'aquesta manera poder elaborar un diagnòstic adequat que precedirà una bona futura proposta d'intervenció, sense necessitat de costoses i invasives proves de laboratori, o si més no, discriminant al màxim quines d'aquestes proves serien rellevantment necessàries.

Per a intentar demostrar aquesta hipòtesi, es plantegen vuit objectius que, en conjunt, permetran confirmar-la o refutar-la.

Els objectius desglossats serien els següents:

- Aconseguir dur a terme tota la feina de documentació sobre el material de la forma més acurada possible.
- Poder traçar el recorregut històric que ha tingut aquest material en el temps i il·lustrar tots els canvis que ha anat presentant en relació a la seva fabricació, qualitat i ús fins a l'actualitat.
- Esbrinar si el material presenta factors de degradació propis (intrínsecs).
- Esbrinar com es comporta el material davant de dels principals factors de degradació coneguts (extrínsecs).
- Esbrinar com es comporta el material en contacte amb els diferents tipus de morters emprats al llarg de la història en l'elaboració de mosaics.
- Ser capaç d'aplicar l'experiència pròpia d'observació d'aquest material, per a enriquir i nodrir l'estudi.

- Ser capaç d'elaborar les propostes mencionades, exercint les eines i coneixements obtinguts al llarg del Grau de Conservació i Restauració de Béns Culturals.
- Crear un document acadèmic útil, que permeti facilitar el coneixement d'aquest material i el seu comportament, per a poder aplicar-ho de forma pràctica en futures intervencions de peces que continguin vidre metàl·lic daurat.

### **3.METODOLOGIA I LIMITACIONS**

La metodologia emprada per a elaborar aquest treball es basa, pel que fa a la part més teòrica, per una banda, en l'observació empírica, i l'aplicació de múltiples eines, coneixements i recursos físics i digitals a l'abast d'un estudiant de Conservació i Restauració, i per altra banda, en la recerca teòrica i l'ús d'articles acadèmics d'experts en vidre metàl·lic daurat, vidre, morters i mosaics. Quant a la part més pràctica o d'aplicació pràctica dels coneixements, per una banda, es fan servir els coneixements obtinguts mitjançant l'observació empírica i, per l'altra, alguns assaigs d'envelliment duts a terme en peces de vidre metàl·lic daurat i el seguiment d'altres intervencions de restauració i conservació en obres que contenen aquest tipus de material.

La metodologia d'aquest treball és de baix pressupost i es troba limitada a causa de la situació que s'està patint a Catalunya per la pandèmia de la Covid-19 des del 14 de març de 2020, atès que a la quarantena i totes les restriccions de moviment mundial que implica, han limitat bastant la possibilitat de realitzar un treball més pràctic o realitzar assaigs propis.

El treball s'acota de manera que gairebé només s'aborda aquest material en l'àmbit geogràfic del Mediterrani, fent especial èmfasi a Murano (zona d'origen del material com es coneix avui dia) i a Catalunya (país i regió d'Espanya des d'on es duu a terme el treball i l'observació empírica). Aquesta limitació respon també al fet que la majoria d'articles acadèmics que s'han trobat són sobre l'ús d'aquest material en aquestes localitzacions en concret, i perquè la gran majoria dels exemples d'obres en les quals es troba vidre metàl·lic daurat són pertanyents a aquests territoris. No obstant, també es tracten obres d'altres països en les que apareix aquest material.

Una altra limitació del treball afecta a les tècniques d'aplicació d'aquest material, donat que són molt concretes en aquests àmbits geogràfics i en els moments d'esplendor que van donar lloc a la major part d'obres que han arribat a l'actualitat. En aquest sentit, s'han descartat algunes tècniques pròpies dels mosaics però que, tanmateix, no van ser aplicades amb tessel·les de vidre metàl·lic daurat de Murano. Per aquest mateix motiu en esbossar el recorregut històric d'aquest material, podria semblar que es fa un salt històric, però el cert és que aquest resulta gairebé obligat, ja que només s'han trobat grans referències del seu ús en aquests períodes de màxima esplendor.

Per altra banda també s'acota l'extensió dels apartats referents a morters, ja que per a l'elaboració d'aquest treball només són rellevants els morters emprats en mosaic i les seves degradacions que poden afectar les tessel·les, i no totes les tipologies de degradacions que poden arribar a presentar els morters, ni totes les tipologies de morters existents, ja que d'aquesta temàtica es podria fer ben bé un treball a part.

Al llarg del treball, quan es tracten obres en les que s'ha utilitzat tessel·les de vidre daurat de Murano, només es fa referència a com ha estat emprat aquest, la seva provenença, estat de conservació i degradacions del material i si ha necessitat intervenció, però no es tracta l'obra de manera específica sinó general, ni s'expliquen totes les seves degradacions, ja que entrar en aspectes que s'allunyen de l'objecte particular del treball podria interferir en el fil conductor de l'estudi.

En abordar el vidre com a concepte general i quina és la seva composició i forma de realitzar-lo, també es fan algunes generalitzacions, atès que hi ha diverses tècniques de fabricació de vidre i formulacions, però cada fabricant té les seves pròpies i es mantenen en secret, així que s'aborda de forma general, ja que tot i que les proporcions són variables, els elements constitutius no han variat massa des que es va inventar el vidre fa aproximadament cinc mil·lennis.

En abordar el vidre metàl·lic daurat no es pretén donar a entendre que aquesta és l'única varietat de vidre metàl·lic que existeix, ni tampoc la més important, ja que

aquest tipus de vidre es pot elaborar amb pa d'or, de plata, alumini i de coure, però introduir les altres varietats donaria per a elaborar un treball molt extens i amb poca capacitat de concentració en una temàtica concreta. "De fet, com s'ha dit en la introducció, la motivació del treball sorgeix pel contacte real, durant les pràctiques externes del Grau, amb la varietat daurada de tessel·les de vidre metàl·lic.

Quan es tracten les propietats físiques, químiques i termodinàmiques del vidre metàl·lic daurat, es fa una petita aproximació i es comparen les propietats de l'or amb les del  $\text{SiO}_2$  (diòxid de silici o Sílice) de forma aproximada i general, ja que en cap moment s'han pogut realitzar proves analítiques a vidre metàl·lic daurat per extreure'n les dades concretes sobre les seves propietats, ni s'ha pogut obtenir informació bibliogràfica sobre aquesta qüestió. Per altra banda, s'acoten les propietats i només es comparen les més adients per a l'estudi, sigui per la informació que aporten, o bé perquè aquesta és necessària per a entendre possibles proves analítiques, ja que existeix un gran nombre de propietats físiques, químiques i termodinàmiques i algunes són molt específiques d'altres camps no tan rellevants per a l'estudi.

En tractar el Modernisme Català, no s'indaga en tot el moviment artístic ni es mencionen totes les personalitats d'aquest, perquè suposaria augmentar l'extensió del treball de forma innecessària, sinó que s'han escollit dos referents de l'època, adients per a tractar el tema, ja que són aquells dels quals, de primera mà, es té constància que van utilitzar el vidre metàl·lic daurat en les seves peces i, a més, la seva forma d'utilitzar-lo serveix per explicar l'evolució d'aquest en el temps.

Quan es tracta el ciment Portland®, no s'especifica el seu procés de fabricació, ja que no és essencial per al treball, sinó que es tracta la seva composició química i fabricació en general i sobre com aquest actua emprat en morters per a mosaics.

Han estat, doncs, diverses les limitacions que ha calgut imposar al treball per poder obtenir un resultat el més concret possible al voltant del tema escollit, evitant aportar informació relacionada i complementària però que no aportés un contingut rellevant de cara a l'objecte principal del treball.

#### 4. MARC TEÒRIC

En el marc teòric d'aquest treball s'engloba tot allò que té a veure amb la caracterització i el coneixement del material, des de la seva fabricació fins a la seva utilització en obra, tot passant per la seva evolució històrica.

##### 4.1. MATERIAL

Per a presentar el vidre metàl·lic daurat, de forma general, és imperiós entendre que es tracta d'un material compost (veure Fig. 1.) per dues capes de vidre (de diferents gruixos, una molt fina (anomenada *cartellina*) i l'altra bastant més gruixuda, d'aproximadament mig centímetre) que encapsulen una làmina de pa d'or, i que, per tant, com a material compost, és molt més complex en la seva fabricació i forma de degradar-se que un vidre simple o qualsevol material de característiques similars, però monocapa.

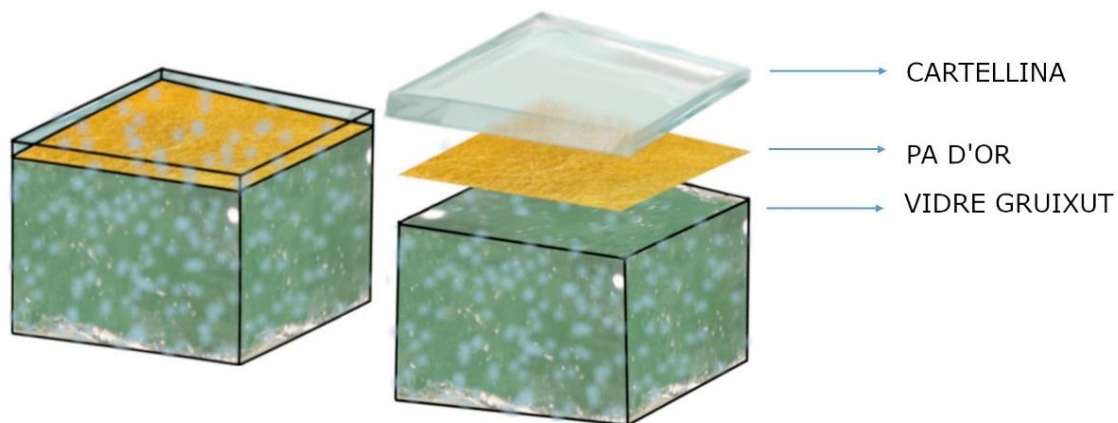


Fig. 1. Esquema sobre les capes que componen el vidre metàl·lic daurat (creació pròpia).

És necessari primer, abans de tractar la fabricació del vidre metàl·lic daurat en concret, entendre a grans trets que és el vidre i quina és la seva composició general, ja que aquesta ajuda a entendre com es comporta el material un cop s'utilitza en una obra i

quines són les seves propietats, tot i que la complexitat del vidre metàl·lic daurat és ben diferent.

A grans trets, el vidre es fa barrejant trituracions d'un element vitrificant (que atorgarà les propietats vítries) amb un element fundent (que baixarà la temperatura de fusió del vitrificant i, per tant, facilitarà el procés de fusió), alguns òxids metàl·lics i estabilitzants (que aportaran color i propietats opacificants o de transparència segons els elements emprats) i per últim, aigua. Aquesta barreja s'anomena *fritta*, i un cop es té elaborada i ha reposat un cert temps (específic de cada empresa i recepta), es sotmet a altes temperatures (superiors a 1000 °C) en un forn especial fins que tots els elements reaccionen químicament formant una massa amorfa, sense estructura cristal·lina (per tant, es tracta d'una estructura no ordenada) que ràpidament es sotmet a refredament, creant així masses vítries que es treballen amb unes tècniques o altres per a formar diferents acabats de vidre .

Normalment l'element vitrificant més emprat sol ser la sílice ( $\text{SiO}_2$ ), ja que era i és fàcil d'obtenir mitjançant sorra. Els fundents poden ser sòdics (que contenen sosa càustica o derivats ( $\text{NaOH}$ )), o plúmbics (que contenen plom ( $\text{Pb}$ )), tot i que tradicionalment s'han utilitzat més els sòdics, ja que eren de fàcil obtenció si s'empraven cendres vegetals. Quant als òxids metàl·lics, s'utilitzen de tota mena, però els més emprats són els òxids de ferro ( $\text{FeO}$  i  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ , que ajuden a limitar el color verdós habitual del vidre i el tornen més blau, tot i que un excés d'aquests pot crear vidres molt blavosos) i els òxids de manganès ( $\text{MnO}$  i  $\text{MnO}_2$ , que ajuden a organitzar l'estructura cristal·lina del vidre i crear vidres més transparents i durs). Com a estabilitzants s'empren o bé carbonats de calci i magnesi ( $\text{CaCO}_3$ ,  $\text{MgCO}_3$ ), o bé carbonats de sodi i potassi ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ,  $\text{K}_2\text{CO}_3$ ), que com el seu nom indica, aporten estabilitat a la mescla i ajuden a evitar fortes retraccions, fissures i esquerdatges en el refredament, tot i que un excés d'aquests podria causar l'efecte contrari. (Orozco Camargo, 2019, pp.12-20) (Badenes Gor, 1965, pp.30) (Feliu Franch, 1999, pp.51-58).

Per altra banda, també és important, abans d'abordar el procés de fabricació, entendre de forma general en què consisteix el pa d'or. Aquest material té l'aspecte d'una làmina molt fina, fràgil i mal·leable que presenta totes les característiques estètiques i de reflexió de la llum de l'or. De forma molt bàsica, aquest material es realitza fonent el metall a altes temperatures (superiors a 1000 °C) i creant lingots d'aproximadament un 1 cm de gruix, després, aquests lingots es van passant, de forma gradual, per diferents màquines amb martells i elements aplanadors, estiradors i talladors, que van reduint el gruix del lingot, i tallant-lo fins a obtenir fulles de 5 x 5 cm o 8 x 8 cm, d'un gruix aproximat de 0,01 mm. Aquestes fulles es solen presentar en forma de llibrets de paper de seda entre els quals es van col·locant les làmines de pa d'or. Cal tenir en compte que el pa d'or es pot fabricar amb diversos aliatges d'or i altres metalls en proporcions variables segons el fabricant (com ara coure (Cu), plata (Ag), pal·ladi (Pd), platí (Pt), i estany (Sn)), essent el més pur i d'alta qualitat (emprat per aquest ús fins a gairebé l'època actual) l'or fi, que correspondria a un aliatge amb una proporció de 75% d'or i 25% de plata (or 18 K atenent a la llei de la puresa dels aliatges<sup>1</sup> i a la seva equivalència en quirats), tot i que actualment hi ha empreses que utilitzen pa d'or de 24 K on la major part de l'aliatge està format per Au. El de menor qualitat, per altra banda, seria el pa d'or fals, que es realitza amb aliatges d'altres metalls menys nobles que l'or (ja mencionats anteriorment) en proporcions variables i, tot i que a simple vista poden resultar iguals, amb el temps aquest es degrada creant patines i oxidacions pròpies dels metalls en aliatge, quelcom que l'or fi no presenta amb el pas del temps. (Doerner, 1998, pp.264-269) (Gonzalez Alonso, 1997, pp.113) (Mayer, 1993, pp.580) (Matteini et al. 2008, pp.89-90) (Pedrola i Font, 2008, pp.132-133)

---

<sup>1</sup> Llei que mesura la puresa dels metalls preciosos en mil·lèsimes, que indiquen quantes parts de metall pur hi hauria en un total de mil parts de l'aliatge. L'or més pur (99'9%) contindria 999 mil·lèsimes d'or sent la resta de parts les pertanyents a altres metalls de l'aliatge, aquesta puresa equivaldria a 24K.

#### 4.1.1.ORIGEN, FABRICACIÓ I QUALITAT

Com el seu propi nom indica, el vidre metàl·lic daurat de Murano s'origina a l'illa homònima, (veure Fig. 2.) pertanyent al territori de Venècia (Itàlia).

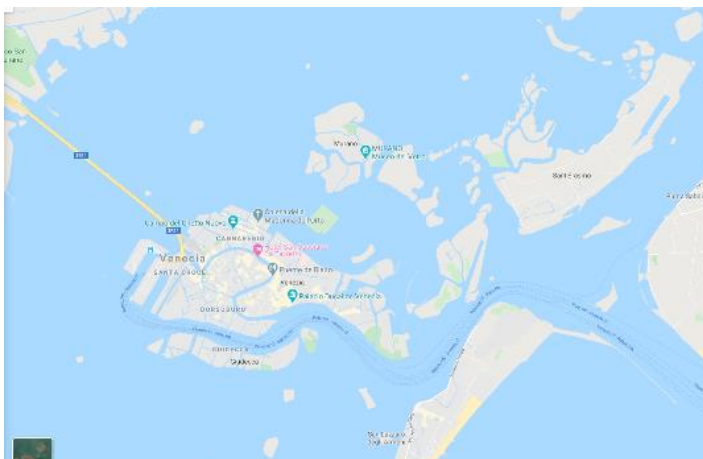


Fig. 2. Situació geogràfica de l'illa de Murano (captura de pantalla extreta de Google Maps).

Però abans d'entrar en la fabricació en concret del material en qüestió, és

important fer un breu repàs històric sobre com es desenvolupa l'artesanía del vidre a Murano.

D'ençà que es va inventar el vidre fa cinc mil·lennis, aquest s'emprava de forma ornamental i merament luxosa, sent els majors productors d'aquest, els egipcis i els siris (zones de producció orientals majoritàriament). (Neri, 2019, pp.49-60) (Neri et al. 2013, pp.491-505) (Neri et al. 2016, pp.285-295, 302-309) (Conventi et al. 2012, pp.1-7) Gràcies a l'expansió de l'Imperi Bizantí (S. IV - S. XV), l'ús d'aquest es va anar estenent, a poc a poc, a través de les rutes comercials terrestres i sobretot marítimes, que connectaven punts d'arreu del Mediterrani. (García Heras et al. 2004, pp.377-390) A través de les connexions entre l'Orient i l'Occident i gràcies a la ruta de la seda (entre d'altres), a Murano (que es trobava en plena zona comercial de Venècia) es comencen a conèixer i a desenvolupar noves tècniques de producció del vidre i d'ornamentació amb or (sent els egipcis grans mestres d'aquestes arts (T.G.H, 1972, pp.38-42)). És així com, gràcies al creixement de l'artesanía del vidre, es creà el vidre venecià, el qual guanyaria fama i prestigi arreu del món per la seva artesanía, brillantor, duresa i transparència i provocaria la gran expansió del comerç i l'artesanía del vidre arreu de Venècia. Fins al punt en què cap al 1219 s'expedí un decret en el qual es deia que tot aquell qui es dedicués a l'artesanía o a la fabricació del vidre, s'havia de mudar a



Murano, ja que hi havia tants forns productors de vidre a Venècia que es corria un alt risc d'incendi, i així va ser com Murano va esdevenir l'illa del vidre venecià. Amb el temps, l'illa encara adquiriria més prestigi, tant pel material que es fabricava, com pel secretisme que la rodejava, ja que també es va decretar que només qui visqués a Murano podria exercir *l'arte vetraria*<sup>2</sup>, i aquests artesans (que amb el temps rebrien un alt prestigi i nombrosos privilegis) no tenien permès revelar els secrets de l'artesanía del vidre venecià a altres països o a persones alienes a l'illa. D'aquesta manera, el S. XVI marcava l'inici d'un dels moments de màxima esplendidesa del vidre de Murano, amb el seu punt àlgid en el S. XVII, quan Antonio Neri va publicar *L'Arte Vetraria* (1612), llibre que il·lustrava com era l'art del vidre a Murano, i moment en el que els forns passen de ser simples forns de llenya, a tenir un pis més (veure Fig. 3.) que permetria realitzar el bescuit<sup>3</sup> (tècnica que ajudaria a crear vidres més estables, ja que el refredament s'alentia disminuint possibles tensions internes del material).

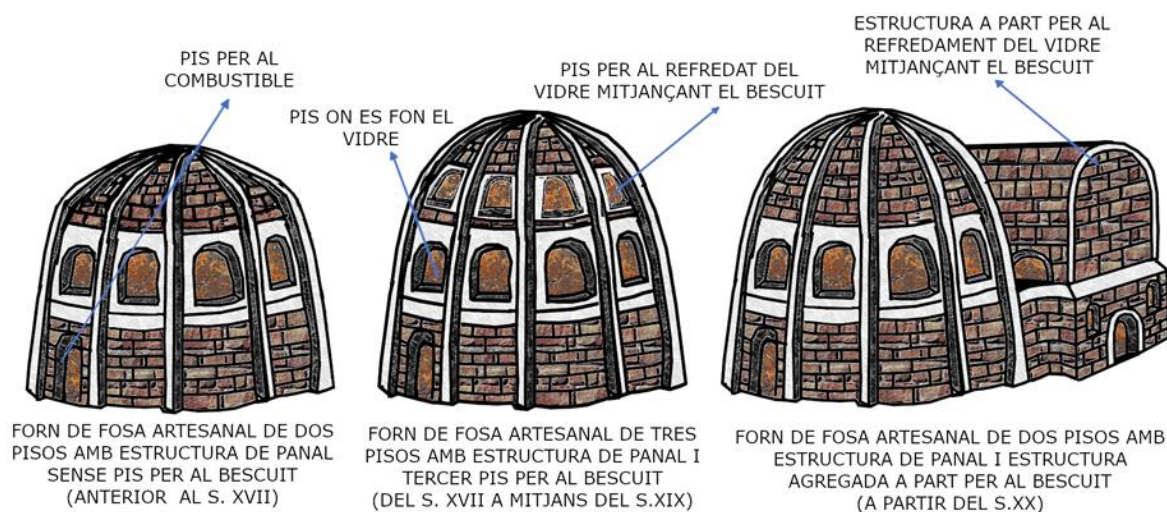


Fig. 3. Esquema sobre l'evolució dels forns de fosa vitria des del S. XVI fins al S. XX (creació pròpia).

<sup>2</sup> *L'arte vetraria* és com anomenaven a Venècia el conjunt de tècniques i secrets que rodejaven l'art d'elaborar el vidre artesanalment a Murano i així s'anomenà el llibre d'Antonio Neri publicat al 1612 on es mostraven aquestes tècniques.

<sup>3</sup> La tècnica del bescuit consisteix en tornar a sotmetre el vidre ja refredat (ràpidament després de la seva fusió), a escalfament per sota de la seva temperatura de fusió, per a eliminar així les possibles tensions internes creades en el ràpid refredament i finalment se'l deixa refredar lentament.

Però, tot just en aquest moment en que el vidre venecià s'exportava per tot arreu i s'usava molt com a material artístic i musivari, alguns artesans van emigrar a Anglaterra, França i Holanda (entre altres països), provocant que al S. XVIII, el vidre de Murano perdés la seva exclusivitat i caigués en un llarg període de decadència per culpa de la competència externa. Però no va quedar relegat del tot, ja que a Murano s'elaboraven varietats de vidre tan úniques i especials que la competència era incapaç de reproduir, com ara les varietats d'*smalti*, vidre metàl·lic i calcedònia.

No va ser, però, fins al S. XIX que Murano es recuperà de la decadència provocada a causa de la competència, gràcies al fet que Lorenzo Radi i Ugo Donà redescobreixen les receptes tradicionals del vidre venecià i de les seves varietats més especials com la calcedònia i els *smalti* (varietats de pasta vítria amb color) i vidres metàl·lics (varietats que, posteriorment, es van emprar en la Basílica de San Marcos). Antonio Salviati també va contribuir a la recuperació de Murano, ja que va crear una famosa i prestigiosa fàbrica de vidre de Murano (Salviati & Co.) que al llarg dels anys va anar evolucionant, canviant de nom i de propietaris i contribuint de forma beneficiosa en la fama del vidre de Murano, ja que aquesta fàbrica va permetre recuperar tècniques perdudes en el període de decadència, com ara els esmalts al foc o la decoració de vidre amb fulles de pa d'or. Angelo Orsoni també contribueix per la seva part en donar visibilitat al vidre de Murano, ja que presentà l'any 1889, a l'Exposició Universal de París, el seu Panell de Color Històric, on mostrava les 3500 tonalitats i varietats de vidre que era capaç de crear al seu *furnace* (forn) i que tenia emmagatzemades a la seva *Biblioteca del Colore* (Llibreria del Color). (Web oficial d'Orsoni, <<https://www.orsoni.com/history-heritage/>>).

Cap al S. XX, més concretament durant la seva primera meitat, es va produir a Murano un alt desenvolupament de les tècniques industrials de l'elaboració de vidre en totes les seves tipologies, i els forns també evolucionarien, separant les estructures de fosa i de bescuit, i deixant d'utilitzar la llenya com a combustible, per utilitzar el gas. En aquest moment es marcaria l'inici del seu segon període d'esplendor. Aquest material,

novament, va ser emprat de forma molt comuna en algunes obres musivàries de certa rellevància, com per exemple la Sagrada Família d'Antoni Gaudí.

Actualment, en ple S. XXI, Murano segueix gaudint del seu alt prestigi en el món del vidre i el forn Orsoni segueix abastint els encàrrecs de vidre de Murano que es requereixen en nombroses obres (tant en construcció com en restauració). Un exemple serien els pinacles de La Sagrada Família (entre d'altres). (Orozco Camargo, 2019, pp.12-20) (Espel, R. et al. 2009, pp.6-7).

Un cop realitzat aquest breu context històric, es procedeix a explicar com és el procés d'elaboració del vidre metàl·lic daurat.

En resultar un material compost, s'haurà de veure primer per separat el procés de fabricació de cadascun dels seus components i, per últim, com s'uneixen per a obtenir el vidre metàl·lic daurat, com a resultat final.

La fabricació del pa d'or, en línies generals, ja que cada fabricant té la seva particular forma de dur a terme el procés i amb el temps s'ha anat industrialitzant, consta dels següents passos:

- 1r) Pesat de l'or (o bé dels metalls en aliatge necessaris) que es portarà a fosa.
- 2n) Fosa de l'or (o de l'aliatge), que gràcies a motlles es convertirà en lingots d'aproximadament 1 cm de gruix.
- 3r) Laminat del lingot, el qual es passarà per uns rodets que l'aplanaran molt lentament per evitar que l'or perdi la seva capacitat de mal·leabilitat i el transformaran en cintes contínues.
- 4t) Mesura amb compàs i tall. Les cintes es mesuren i marquen amb un compàs perquè quedi clar per on s'hauran de tallar, i s'obtenen peces d'aproximadament 2 x 2 cm.
- 5è) Laminat. De nou les peces es tornen a laminar fins a obtenir unes fulles més fines d'uns 4 x 4 cm.

6è) Capiculat i tallat. Les peces de 4 x 4 cm es col·loquen de manera que cada peça queda sobre d'una altra però només fins a tocar la meitat d'aquesta (capicular). Després de tenir aquesta formació feta, es dobleguen les meitats sobresortints amb un tac de fusta perpendicular a les peces d'or i després de doblegades es tallen obtenint així peces de 2 x 4 cm. Seguidament, les peces de 2 x 4 cm, es tornen a capicular, a doblegar i tallar, obtenint, finalment, peces de 2 x 2 cm encara més fines que les anteriors de la mateixa mesura, ja que seguidament es martellegen amb diferents tipus de martells per a anar reduint el gruix.

7è) Batut de les fulles en la devastadora. Les fulles es baten en un aparell anomenat devastadora, que consisteix en dues planxes metàl·liques folrades amb pergamins en el seu interior, que van premsant i girant les fulles de 2 x 2 cm fins que aquestes tenen les mesures aproximades de 4 x 4 cm.

8è) Batut de les fulles en la soldada. La soldada és un aparell similar a la devastadora, que premsa les fulles i les estira fins a allargar-les mig centímetre més i alhora anar reduint el seu gruix.

9è) Batut de les fulles en el motlle. Aquest procés consisteix a martellejar les fulles des del centre fins als extrems, per assegurar que tota la fulla de pa d'or tingui el mateix gruix i no tingui defectes. En aquest procés les fulles ja surten amb el gruix definitiu d'aproximadament 0,01 mm.

10è) Passat a llibres. Les fulles es tallen amb la seva mesura estàndard (5 x 5 cm o 8 x 8 cm) i es passen a llibrets (d'unes 25 fulles) de paper de seda, ja que aquest ajuda a conservar millor la humitat de l'or, fet que ajuda a que aquest no es torni agre (perdi la seva mal·leabilitat).

I un cop ja es té el pa d'or en llibrets, ja es pot comercialitzar (veure Fig. 4.).



Fig. 4. Esquema sobre el procés d'elaboració del pa d'or (imatges extretes del vídeo de Youtube "PAN DE ORO" penjat pel canal "Telantiqua restauración de tejidos históricos" i suggerit per "British Pathé" [Disponible online a <<https://www.youtube.com/watch?v=iFLtGOLXoDs>> ] (Consultat el 22/04/2020)).

Quan el pa d'or ja està finalitzat, és el moment de fer-lo servir per a la fabricació del vidre metàl·lic daurat.

Primerament, en el forn de vidre s'hauran de produir els vidres encarregats de protegir i potenciar les qualitats de brillantor del pa d'or. Aquests tradicionalment han estat d'origen sòdic-càlcic, és a dir, que a part de la sílice ( $\text{SiO}_2$ ), els altres elements fundents en major proporció són el sodi i el calci (afegits en forma de  $\text{CaCO}_3$  i  $\text{NaOH}$ ), tot i que també contenen altres elements en menor proporció com  $\text{MnO}_2$  i  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ , per a ordenar l'estructura cristal·lina i limitar el color del vidre. No obstant, a Murano també es feien vidres d'origen plúmbic (el seu fundent principal és el plom ( $\text{Pb}$ )), ja que es feia servir per a elaborar els esmalts al foc i, fins i tot, elaboraven una varietat anomenada cristall



<sup>4</sup>venecià, afegint una proporció més elevada de  $\text{MnO}_2$ . Cal tenir en compte que, depenent del fabricant i atenent als fundents, els vidres emprats per a fabricar vidre metàl·lic daurat podran ser d'origen plúmbic (contenint més Pb i Mn) o sòdic (contenint més Na i Ca).

De manera tradicional, el vidre metàl·lic daurat es comença a fabricar (veure Fig. 5. i Fig. 6.) elaborant la *cartellina*, aquesta s'elabora mitjançant la tècnica del vidre bufat, és a dir, s'extreu el vidre, encara fos, del forn girant amb una vareta buida per la qual es bufa el vidre mentre es va girant, i seguidament es col·loca sobre una superfície plana i es continua girant per a obtenir un volum circular, es segueix bufant fins a obtenir una bombolla del gruix desitjat (aproximadament 0,5 mm) i finalment aquesta es talla en peces d'aproximadament 8 x 8 cm.

Un cop es tenen elaborades les *cartellines*, s'agafa el pa d'or (de fàbrica ja ve tallat a 8 x 8 cm) i es col·loca sobre d'aquestes fent pressió manual, i ambdues es col·loquen al forn a una temperatura no superior als 1064 °C, ja que es pretén que el pa d'or i la *cartellina* s'uneixin mecànicament mitjançant la calor, però no que es fongui l'or, ja que el seu punt de fusió es troba a aquesta temperatura.

Després s'agafa vidre fos i s'aboca sobre de la cara del pa d'or que encara queda exposada a l'exterior, i quan el vidre encara no s'ha refredat i és mal·leable, es passa tot el conjunt per uns rodets que fan que el vidre gruixut quedi aproximadament amb un gruix de 5,95 mm, i l'estenen formant una mena de galetes amb el pa d'or en mig.

Tot seguit es gira tot el conjunt deixant la *cartellina* en la part superior i es torna a introduir en el forn per a unir les tres capes, però sense fondre l'or, i així donar la màxima unitat al conjunt. Després del forn es tornen a passar, les galetes ja fetes, pels rodets per assegurar que el gruix no ha variat al tornar a escalfar-les.

---

<sup>4</sup> El cristall no s'ha de confondre amb el vidre, ja que de fet no són el mateix, i tot que, les seves composicions químiques poden ser semblants, ( $\text{SiO}_2$ ) en la seva gran majoria, el vidre és fet per l'home i la seva estructura cristal·lina és amorfa ja que es refreda ràpidament, mentre que el cristall es crea naturalment i la seva estructura cristal·lina està ordenada i el seu refredament és lent. El que avui dia és anomenat com a cristall de Murano, és una varietat de vidre molt dur i transparent que conté Pb i  $\text{MnO}_2$  i té una estructura molt més ordenada que el vidre en general.

Per últim es tallen manualment les galetes a 8 x 8 cm (ja que en sotmetre-les a calor i pressió les mides canvien), convertint-les així en *piastrelles* (peces de vidre metàl·lic daurat de 8 x 8 cm). Les *piastrelles*, ja acabades, es poden comercialitzar i utilitzar per a l'elaboració de peces musivàries.

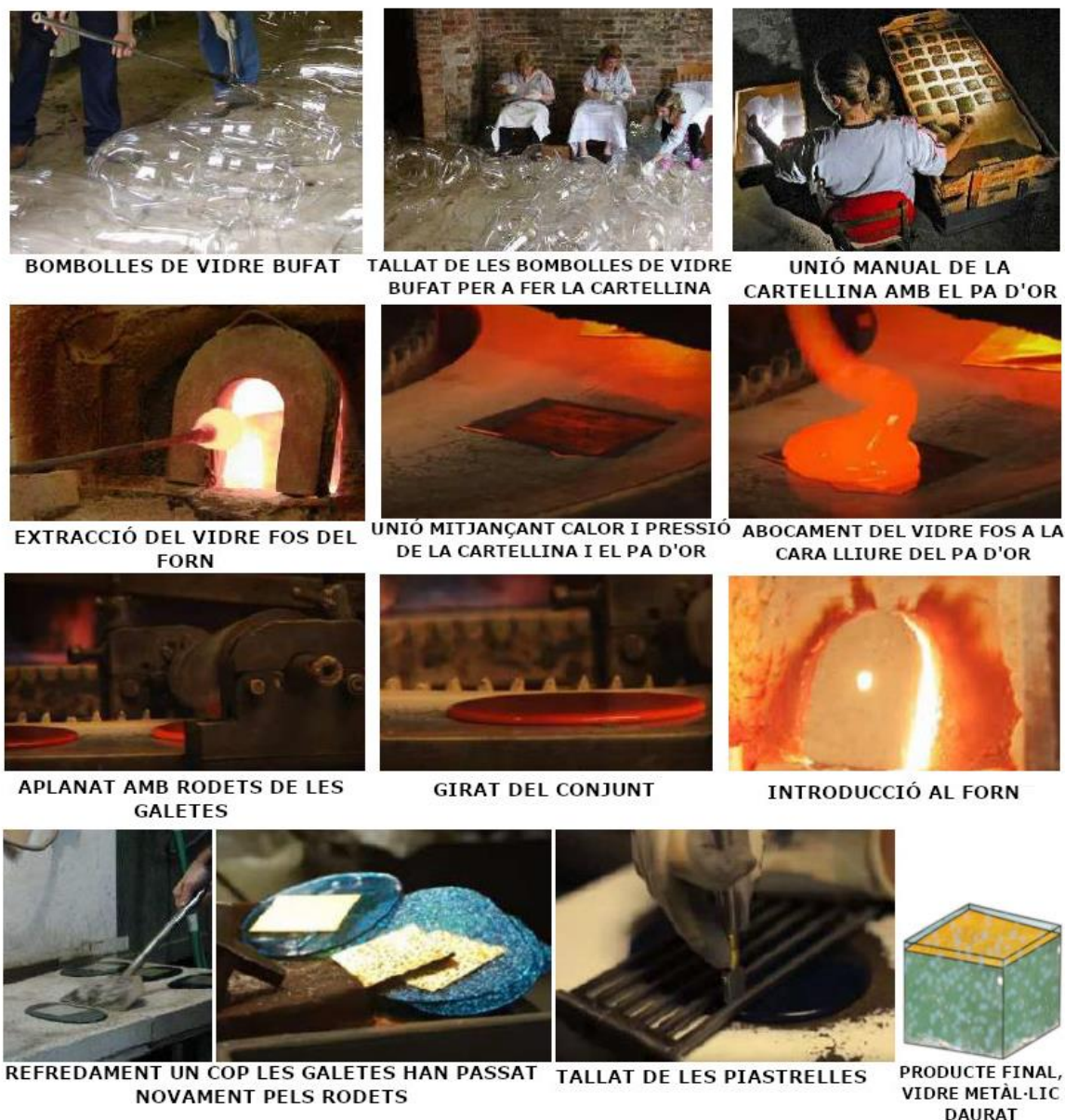


Fig. 5. Esquema sobre l'elaboració del vidre metàl·lic daurat (Imatge final d'elaboració pròpia i la resta d'imatges han estat obtingudes del vídeo "Showcase: Orsoni Mosaic Furnace", del canal "TRT World" [Disponible online a <<https://www.youtube.com/watch?v=SVaw-vDSriU>> ] del vídeo "Orsoni Furnace - molten glass, Venice Italy, October 2019" del canal "Sheryl Crowley" [Disponible online a <<https://www.youtube.com/watch?v=7mRzfQ-yrBw>> ], del vídeo "The Orsoni Furnace Room, Venice, Italy October 2019" del canal "Sheryl Crowley" [Disponible online a <<https://www.youtube.com/watch?v=TSriAZY04pc>> ] i, del vídeo "LaunchPad: Making Ancient and Byzantine Mosaics" del canal "The Art Institute of Chicago" [Disponible online a <<https://www.youtube.com/watch?v=fvX1vorZgF4>> ] (consultats el 22/04/2020))

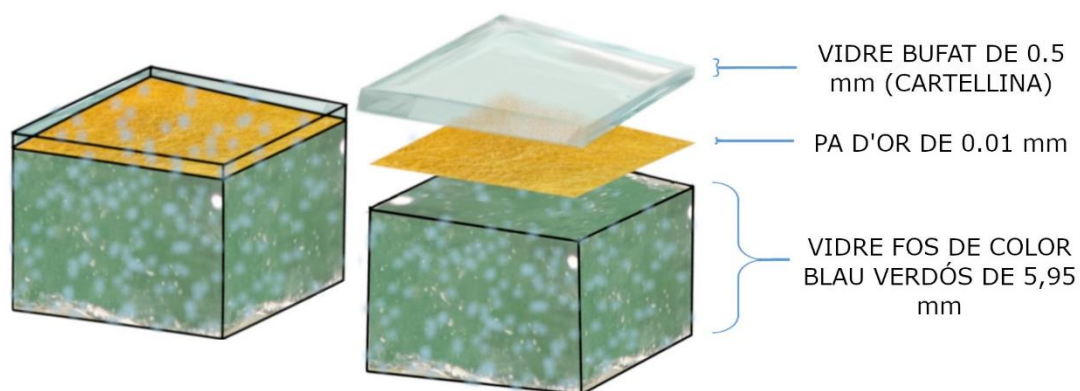


Fig. 6. Esquema sobre les capes que componen el vidre metàl·lic daurat i el seu gruix (creació pròpia).

Per tant, com es deriva del breu context històric i els processos descrits anteriorment, l'elaboració del vidre metàl·lic daurat tal i com es coneix avui dia, s'ha desenvolupat des de temps ben antics, gràcies a la combinació de coneixements orientals i occidentals que es van fusionar a Murano. Ha variat molt poc des de llavors ençà i bàsicament aquesta consisteix a produir cadascun dels seus elements constitutius per separat i després unir-los de forma mecànica i física mitjançant pressió i calor. Aquest mètode de fabricació produeix unes *piastrelles* amb una *cartellina* molt transparent i brillant (que potencia les qualitats de l'or), i un vidre inferior translúcid amb certa coloració verda o blavosa (que impedeix que la coloració del morter en el qual s'aplicaran les peces, afecti la de l'or), cosa que permet col·locar les futures tesselles només en una posició amb la *cartellina* en la cara vista de l'obra i el vidre inferior de cara al morter.

Per altra banda, el fet que aquest mètode hagi variat tant poc en el temps fa pensar que dona bons resultats quant a la durabilitat i qualitat del material, i pel que fa a la conservació de les propietats del pa d'or dins dels vidres, quelcom que més endavant es tractarà, ja que resulta ben important per a entendre millor els possibles factors intrínsecs de degradació del material i com es pot conservar i/o restaurar el vidre metàl·lic daurat.



#### 4.1.2. CARACTERÍSTIQUES FÍSQUES, QUÍMIQUES I TERMODINÀMIQUES

És ben important entendre les característiques físiques i químiques del vidre metàl·lic daurat, ja que aquestes determinaran gran part del seu comportament futur envers factors extrínsecs, però també ajudaran a comprendre factors intrínsecs.

Per començar, i entenent la naturalesa heterogènia del vidre metàl·lic daurat, seria adient abordar aquest punt comparant les característiques físiques i químiques del pa d'or amb les del vidre, ja que cadascun té les seves pròpies i en comparar-les i veure si són semblants o no, es podrà deduir com actuarà el conjunt del vidre metàl·lic daurat, perquè la seva unió no és química, sinó merament mecànica i física, i per tant, tot i estar units, cada material conserva les seves propietats.

Si les propietats són semblants entre si, es podria esperar que el conjunt es comportés de forma semblant tot i la seva heterogeneïtat, però si són diferents, seria d'esperar que cada capa del conjunt es comportés diferent, el que podria provocar tensions internes en el material, fet que derivaria segurament en ruptures i fissures en alguna de les capes.

Com que durant la recerca bibliogràfica no s'han trobat les característiques del pa d'or i del vidre de Murano en concret, es farà una petita aproximació i es compararan les característiques dels dos elements principals de cadascun, és a dir l'or i la sílice. D'aquesta manera es podrà fer una comparació bastant aproximada, ja que l'or sol ser l'element principal emprat en el pa d'or que s'utilitza en el vidre metàl·lic daurat, perquè només s'empra pa d'or de 18 K o 24 K. Per altra banda, s'adiria comparar-les amb les de la sílice i no amb les d'un vidre genèric, ja que el vidre de Murano té formulacions químiques especials que resten desconegudes actualment i són ben diferents de les d'un vidre corrent. El que si és ben segur és que presenten un alt contingut de sílice, i com que el que es pretén és veure les possibles diferències i similituds entre ambdós materials del conjunt, i no comparar diferents vidres o tipus de pa d'or entre si, estudiant els seus principals components ja es poden obtenir resultats aclaridors.



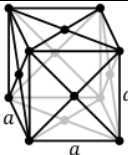
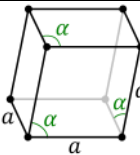
A continuació es mostra una taula comparativa (veure Fig. 7.) de les propietats físiques, químiques i termodinàmiques de l'Or (element químic Au) i la sílice (composició química SiO<sub>2</sub>, és a dir, diòxid de silici).

CARACTERÍSTIQUES FÍSQUES, QUÍMIQUES I TERMODINÀMIQUES		
FÓRMULA MOLECULAR	Au	SiO <sub>2</sub>
DESCRIPCIÓ	Metall opac, de color groc, mal-leable i dúctil. Es considera un metall tou.	Mineral translúcid, la seva forma més comuna en el món és la del cristall de quars i els seus derivats.
ESTAT DE LA MATÈRIA ORDINARI Estat habitual en el qual es troba de forma natural.	Sòlid	Sòlid
MASSA MOLAR/ATÒMICA Massa d'un àtom en concret, s'expressa en unitats de massa atòmica "u".	196.96 u	60.08 u
ELECTRONEGATIVITAT Entesa com la capacitat d'un àtom per a atreure electrons i expressada segons l'Escala Pauling on la màxima electronegativitat és 4 (del Fluor) i la mínima és 0.7 (del Franci), depèn de la massa atòmica i la distància dels electrons de valència respecte al nucli de l'àtom.	Au (2.54)	Si (1.8) O (3.5)
DURESA Entesa segons l'Escala Mohs on la màxima duresa és 10 (del Diamant (C)) i la mínima 1 (del Talc (Mg <sub>3</sub> Si <sub>4</sub> O <sub>10</sub> (OH) <sub>2</sub> )).	3	7
ESTATS D'OXIDACIÓ HABITUALS Estats d'oxidació en els quals els àtoms són més estables químicament i, per tant, en els que es solen trobar de forma habitual.	I, III	(Si) IV, (O) II
DENSITAT Entesa com la relació entre la massa d'un material i el volum que aquesta ocupa. $d=m/V$	19300 Kg/m <sup>3</sup>	2634 Kg/m <sup>3</sup>
TEMPERATURA DE FUSIÓ (T <sub>m</sub> ) Entesa com la temperatura en la qual un material passa d'estat sòlid a líquid, depèn de la pressió atmosfèrica. Per a realitzar estàndards aproximats d'aquests valors, l'INST (Institut Nacional d'Estàndards i Tecnologia) contempla que en termodinàmica, aquests valors es donin per unes condicions de temperatura i pressió normals de 20 °C i 1 atm.	1337 K (1064 °C) (En condicions normals segons l'INST)	1986 K (1713 °C) (En condicions normals segons l'INST) Com el punt de fusió és molt elevat, és per això que en l'elaboració de vidre s'afegeixen fundents i es redueix.
TEMPERATURA D'EBULLICIÓ (T <sub>b</sub> ) Entesa com la temperatura en la qual la pressió de vapor del material és igual a la pressió atmosfèrica, per tant depèn d'aquesta i és la que determina quan es començarà a evaporar el material.	3129 K (2856 °C) (En condicions normals segons l'INST)	2503 K (2230 °C) (En condicions normals segons l'INST)
TEMPERATURA DE TRANSICIÓ VÍTRIA (T <sub>g</sub> ) Entesa com la temperatura en la qual un cos amorf (no ordenat atòmicament) va disminuint la seva viscositat i tornant-se més fluid, és un punt entremig entre l'estat sòlid i l'estat fos i aquesta temperatura sempre és inferior a la de fusió. En aquesta temperatura els materials tendeixen a adquirir un grau d'ordenació atòmic més cristal·lí (ordenat).	No en té, ja que és un metall pur i ja es troba en la seva estructura atòmica cristal·lina, és a dir la més ordenada i, per tant, no és un cos amorf.	1473 K (1200 °C) aprox. (En condicions normals segons l'INST) És variable segons el grau d'ordenació atòmica en què es trobi el SiO <sub>2</sub> , ja que aquest en té diversos. La més comuna és la del quars i tot i que presenta cert grau d'ordenació, també presenta cert grau de desordre i, per tant, encara pot passar per aquest estat de transició cap a una estructura atòmica més ordenada.

IRENE GARCÍA DÍAZ

LES TESSEL·LES DE VIDRE METÀL·LIC DAURAT DE MURANO EMPRADES EN MOSAIC  
ESTUDI, CARACTERITZACIÓ, EVOLUCIÓ HISTÒRICA I CONSERVACIÓ-RESTAURACIÓ

Treball Final de Grau, Grau de Conservació-Restauroció de Béns Culturals, Facultat de Belles Arts,  
Universitat de Barcelona, curs 2019/2020

<p><b>ESTRUCTURA CRISTAL·LINA</b></p> <p>Entesa segons les xarxes cristal·lines de Bravais, que expliquen les diferents formes de cristal·litzar de la matèria basant-se en la forma geomètrica del cub i les seves variacions.</p>	<p>Cúbica centrada en les cares</p> 	<p>Trigonal trapezoèdrica</p> 
<p><b>CONDUCTIVITAT ELÈCTRICA</b></p> <p>Entesa com la capacitat d'un material per a conduir l'electricitat.</p>	<p>Conductor 4.5 X 10<sup>7</sup> S/m</p> <p>Tot i que s'han fet estudis sobre que la conductivitat de l'or és variable segons el gruix que aquest presenti, la tècnica d'aplicació sobre el vidre i la temperatura a la qual sigui sotmès. (SIEGEL JAKUB et al. 2011, pp. 1-9)</p>	<p>Semiconductor 4 X 10<sup>-4</sup> S/m</p> <p>Tot i que el vidre no és massa conductor, sinó més aviat aïllant.</p>
<p><b>CONDUCTIVITAT TÈRMICA</b></p> <p>Entesa com la capacitat d'un material per a conduir la calor.</p>	<p>317 W / (K·m)</p>	<p>1.46 W / (K·m)</p>
<p><b>CALOR ESPECÍFICA</b></p> <p>Entesa com la quantitat de calor necessària a subministrar per a elevar un grau la temperatura del material.</p>	<p>128 J / (K·Kg)</p>	<p>750 J / (K·Kg )</p>
<p><b>VELOCITAT DEL SO</b></p> <p>Entesa com la velocitat a la qual es propaguen les ones sonores en un medi, en el cas dels sòlids es calcula amb la següent fórmula on "E" és el mòdul de Young i "d" la densitat del material.</p> $V_s = \sqrt{\frac{E}{d}}$	<p>1740 m/s</p>	<p>5331 m/s</p>
<p><b>ÍNDEX DE REFRACCIÓ DE LA LLUM "n"</b></p> <p>Indica quant es redueix la velocitat de la llum en entrar en un medi determinat.</p> <p>Sent "n" en l'aire aproximadament 1, i per tant considerant que la velocitat de la llum "c" en l'aire és pràcticament la mateixa que en el buit (3x10<sup>8</sup>m/s). Com més semblant sigui l'índex de refracció d'un medi (en aquest cas l'or i la sílice) al del medi en què es troba (aire), més transparent es veurà, ja que la velocitat de la llum experimentarà pocs canvis en travessar-lo, però si és molt diferent, presentarà més opacitat i reflexió de la llum.</p> $n = c/v$	<p>n = 0.28</p>	<p>n = 1.54</p>
<p><b>VELOCITAT DE LA LLUM EN EL MEDI</b></p> <p>Entesa com la velocitat de la llum "v" dintre del medi o material en concret, normalment la gran majoria d'aquestes velocitats ja estan calculades i estandaritzades i segueixen la següent fórmula on "c" és la velocitat de la llum en el buit i "n" l'índex de refracció en el medi. Normalment en un sòlid, la velocitat de la llum és menor a la d'aquesta en el buit, ja que es dona el fenomen de la refracció, però aquest factor es pot veure afectat per les característiques electromagnètiques del material.</p> $v = c/n$	<p>1.07 x 10<sup>9</sup> m/s</p>	<p>1.95 x 10<sup>8</sup> m/s</p>
<p><b>SOLUBILITAT, REACTIVITAT I RESISTÈNCIA QUÍMICA</b></p> <p>Enteses com la capacitat de solubilitzar-se en un dissolvent (solubilitat), la capacitat de reaccionar o alterar-se en entrar en contacte amb altres agents químics (reactivitat) i la capacitat de resistir l'efecte d'agents químics (resistència química).</p>	<p>Insoluble en H<sub>2</sub>O</p> <p>Soluble en aigua regia (HNO<sub>3</sub> + HCl en altes concentracions)</p> <p>No reactiu amb la gran majoria d'àcids, halògens i bases, però sensible al mercuri (Hg), al cianur (CN), al clor (Cl) i al lleixiu (NaClO)</p>	<p>Soluble en H<sub>2</sub>O</p> <p>Resisteix àcids i halògens, però es debilita en contacte amb àlcalis.</p>

IRENE GARCÍA DÍAZ

LES TESSEL·LES DE VIDRE METÀL·LIC DAURAT DE MURANO EMPRADES EN MOSAIC  
ESTUDI, CARACTERITZACIÓ, EVOLUCIÓ HISTÒRICA I CONSERVACIÓ-RESTAURACIÓ

Treball Final de Grau, Grau de Conservació-Restauroció de Béns Culturals, Facultat de Belles Arts,  
Universitat de Barcelona, curs 2019/2020



<b>POROSITAT</b> Entesa com la mesura d'espais buits en un material, com més porós és un material, més espais buits conté i per tant té més capacitat d'absorció de líquids o gasos.	Baixa	Baixa-mitjana
<b>VISCOSITAT</b> Entesa com la resistència a fluir i per tant com la qualitat de resistir tensions, traccions i talls. Com més elevada és la viscositat més sòlid és el material, ja que presenta més resistència a fluir.	Elevada	Elevada
<b>ELASTICITAT</b> Segons el Mòdul de Young "E", obtingut de la relació entre la tensió o força exercida en un material en una direcció concreta i la deformació que aquesta li causa en relació amb les seves mesures inicials. En materials lineals per als quals "E" és constant (com és el cas), la compressibilitat (mesura de la deformació del material envers una força de compressió) i la resistència a la tracció (mesura de la deformació del material envers una força de tracció) són equivalents a "E". Un mòdul d'elasticitat "E" elevat, indica que el material és rígid, i un mòdul d'elasticitat baix, indica que el material és flexible.	$7.8 \times 10^4 \text{ N/mm}^2$ (elevat)	$7.5 \times 10^4 \text{ N/mm}^2$ (elevat)
<b>COEFICIENT DE DILATACIÓ TÈRMICA LINEAL</b> Expressa el canvi relatiu de longitud o volum que es produeix en un sòlid en augmentar un grau la temperatura.	$14.1 \times 10^{-6} \text{ K}^{-1}$	$0.54 \times 10^{-6} \text{ K}^{-1}$

Fig. 7. Taula comparativa de les propietats físiques, químiques i termodinàmiques de l'Or (element químic Au) i la sílice (composició química  $\text{SiO}_2$ , és a dir, diòxid de silici) (elaboració pròpia).

(Els coneixements expressats en l'anterior taula, han estat extrets de botigues de venda d'aquests materials (<<http://www.goodfellow.com/S/Oro.html>>) i de l'enciclopèdia catalana (<<https://www.enciclopedia.cat/ec-gec-0127976.xml>>) on s'especifiquen algunes d'aquestes característiques pertanyents a valors ja calculats i estandarditzats segons les lleis o paràmetres explicats en les mateixes i s'han passat a les Unitats del Sistema Internacional. També s'han extret dels coneixements adquirits sobre Física, Química i Termodinàmica en el batxillerat científic, ja que moltes dades com per exemple les velocitats del so o de la llum no s'han trobat en bibliografia i s'han calculat matemàticament, ja que es poden obtenir amb fórmules derivades d'altres dades que sí es coneixien, com ara la velocitat de la llum en el buit o l'índex de refracció de la llum en l'aire).

En fer la lectura de les dades de la taula anterior se'n poden extreure les següents deduccions:

-L'or és molt més tou i mal·leable que el  $\text{SiO}_2$ .

-El  $\text{SiO}_2$  és molt més electronegatiu que l'or, tot i que ambdós són bastant electronegatius, la sílice conté més àtoms de major electronegativitat que l'or (l'oxigen) i, per tant, aquesta tindrà més tendència a formar enllaços covalents amb altres compostos de major electronegativitat que l'or.

-L'or és gairebé deu vegades més dens que el  $\text{SiO}_2$ .

-Tot i que el  $\text{SiO}_2$  té un punt de fusió molt elevat (més que l'or) en rebaixar-lo amb fundents per a fabricar el vidre, aquest pot presentar una sensibilitat major a les altes temperatures i que els seu comportament envers aquestes no sigui tan dispar del de l'or.

- Les estructures cristal·lines són bastant diferents, ja que un es troba en el seu estat atòmic més ordenat (l'or) i l'altre (un cop fabricat el vidre) té un estat de sòlid amorf (el  $\text{SiO}_2$ ) el que produeix que un tingui temperatura de transició vítria i l'altre no. Aquest fet, en condicions idònies podria provocar canvis d'estat no desitjats en el vidre que l'or no presentarà.

- La conductivitat elèctrica d'ambdós és bastant diferent, tot i que poden ser variables segons el tipus de vidre i la forma d'aplicació de l'or. (Osticioli et al. 2019, pp.1160-1175) (Bello Diéguez et al. 2015, pp.1-10) (Siegel et al. 2011, pp.1-9)

- La conductivitat tèrmica de l'or és bastant major que la del  $\text{SiO}_2$ , per tant, aquest tendirà a emmagatzemar la calor rebuda per les tesselles en major quantitat que el  $\text{SiO}_2$ . I per tant que el vidre, el que pot ser útil per a realitzar estudis termogràfics, ja que fa pensar que, de tot el conjunt, l'or serà el que rebí la gran majoria de radiació IR de la llum en peces exposades a aquesta.

-Es necessita molta menys calor específica per a augmentar la temperatura de l'or que la del  $\text{SiO}_2$ . Per tant és probable que l'or presenti més increments i variacions de temperatura que el  $\text{SiO}_2$  i, per tant, que aquest es mantingui més estable que l'or.

- La velocitat del so és major en el  $\text{SiO}_2$  que en l'or, el que podria ser útil si es té en compte per a realitzar proves d'ultrasons.

- La llum es propagarà 1'54 vegades més ràpid en el buit que en el  $\text{SiO}_2$  i, per tant, en el vidre el fenomen serà semblant.
- La llum s'hauria de propagar 0'28 vegades més ràpid en el buit que en l'or, però a causa de les seves característiques electromagnètiques, la llum que no és reflectida, ni dispersada i és refractada en l'or, és capaç de viatjar-hi més ràpid, ja que la llum és una ona amb caràcter electromagnètic i aquesta es pot veure afectada per les qualitats electromagnètiques dels metalls.
- L'aigua representa un dels majors factors d'alteració en béns culturals, i segons la solubilitat, reactivitat i resistència química d'ambdós materials, el  $\text{SiO}_2$  presenta una major sensibilitat, ja que és soluble en aigua i, per tant, aquesta pot afectar a les parts més externes del conjunt de les tessel·les fabricades amb aquest material, ja que és el vidre el que tindria un contacte més directe amb aquesta. A part, s'ha de tenir en compte que el  $\text{SiO}_2$  està barrejat amb altres elements com Pb i  $\text{CaCO}_3$  que també són sensibles a l'efecte de l'aigua. Un altre punt a considerar és que el  $\text{SiO}_2$  és sensible als àlcalis mentre que l'or presenta una major resistència química i només és sensible a determinats compostos químics que rarament es troben o es produeixen en l'atmosfera.
- Tot i que ambdós materials, l'or i el  $\text{SiO}_2$ , són de porositat baixa, el vidre serà de major porositat que l'or, ja que conté aire en el seu interior, producte de la seva tècnica de fabricació.
- La viscositat d'ambdós materials és bastant elevada, el que produeix que tinguin una gran resistència a fluir i a les traccions i compressions i, per tant, un alt risc de ruptura i tensions internes.
- El mòdul d'elasticitat, bastant elevat i similar en ambdós materials, indica que aquests són bastant rígids i no admeten gaire bé ser sotmesos a forces de deformació, tracció i compressió. D'ambdós materials el  $\text{SiO}_2$ , i per conseqüència, el vidre, ho és més que l'or.

- La gran diferència entre el coeficient de dilatació lineal de l'or i del SiO<sub>2</sub> indica que, en ser el de l'or més elevat, aquest experimentarà majors canvis de volum i longitud en augmentar la temperatura que no pas el SiO<sub>2</sub>, el que podria provocar moviments i tensions internes entre la capa de pa d'or i les de vidre, que aquest no seria capaç de seguir.

Totes aquestes característiques fan pensar que, en la seva heterogeneïtat, ambdós materials posats en conjunt es complementen en cert mode, tot i que, com ja s'ha vist, presenten diferències notòries que podrien ser perjudicials per a la durabilitat de les peces, en condicions idònies, molt concretes, com ara increments de temperatura molt forts, i contacte prolongat amb aigua. El fet de produir aquest conjunt, de vidre i or (en cert grau d'aliatge), permet, per una banda, reduir la quantitat d'or a emprar (cal tenir present que és un element de la taula periòdica i no un compost químic i, per tant, resta en aquest món de forma limitada i no es pot fabricar) i, per l'altra, allargar la seva durabilitat, perquè sumant la seva mal·leabilitat amb les dimensions i gruixos tan reduïts en que s'utilitza, si no es protegís mitjançant el vidre (i l'aliatge amb altres metalls més durs) de ben segur no seria viable emprar-lo en mosaic, ni tan sols en forma d'or massís, sense tractar, ni en aliatge, ja que seria massa costós d'emprar, poc durador i poc rendible.

#### 4.1.3. ÚS EN MOSAIC I TÈCNIQUES D'APLICACIÓ

En aquest apartat es pretén veure quines han estat les principals formes d'utilització i tècniques d'aplicació d'aquest material en mosaic. Tenint en compte la definició artística de mosaic en el Diccionari de la Llengua Catalana<sup>5</sup>, implica que s'han de tallar les *piastrelles* en petites peces més o menys irregulars anomenades tesselles. I resulta important entendre quin tipus de tesselles s'han elaborat amb les *piastrelles* i amb

---

<sup>5</sup> MOSAIC

probablement de l'it. *mosaico*, i aquest, del b. ll. *mosaicum* (*opus*), alteració del gr. *mouseĩos* 'relatiu a les muses' per influx de *mōsaĩos* 'relatiu a Moisès'.

m 1 ART 1 Decoració d'una superfície feta incrustant-hi trossets de pedra, de marbre o d'altres materials de diferents colors

quin tipus de morter s'han aplicat per entendre com es comportaran les peces. En aquest apartat del treball, s'estudia l'ús de les tesselles de vidre metàl·lic daurat de Murano començant per l'estil més tradicional, passant per l'època modernista i acabant amb l'actualitat.

#### **4.1.3.1. TRADICIONAL**

En tractar l'estil més tradicional seria adient tractar l'estil bizantí, ja que és la tipologia de mosaic més antic on s'han trobat tesselles d'aquest material, i l'estil venecià, ja que aquest seria la versió més sofisticada del bizantí, però sense gaires variacions i mantenint gairebé les mateixes tècniques.

Primerament, es tracta com eren les tesselles elaborades en cada estil i després el tipus de morters emprats. Cal destacar que l'etimologia de la paraula tessella prové del llatí *tessella* i es va donar gràcies a l'evolució de les tècniques d'elaboració de mosaics romans, en què les peces emprades en la seva fabricació cada vegada s'anaven fabricant més petites (van arribar a fer, aproximadament 1 x 1 cm), fins a arribar a anomenar-les d'aquesta manera.

##### **4.1.3.1.1. TIPOLOGIA DE TESSEL·LES**

Resulta necessari entendre quin tipus de tesselles s'empraven en cada estil, per entendre com aquests evolucionen i com s'hi introdueix el vidre metàl·lic daurat.

##### **4.1.3.1.1.1. ESTIL BIZANTÍ**

L'antic estil romà d'elaboració de mosaics, que consistia generalment a emprar tesselles de pedres variades que provenien de localitzacions properes, com el marbre o les pedres de riu, aglomerades amb un morter, va ser la influència general per al desenvolupament del posterior estil bizantí. (Garcia, Sandoval, 2004, pp.26-28) Per



norma general, el tipus de tesselles emprades des de l'època romana eren ben pesades i normalment es tallaven amb formes bastant irregulars, però totes més o menys de les mateixes dimensions. Inicialment, els mosaics es col·locaven a terra per a pavimentar ja que els materials utilitzats per la fabricació de les tesselles eren massa pesats per a utilitzar-los en les parets. Al principi, eren mosaics bastant senzills i hi predominaven els motius geomètrics i naturals simples, i les tesselles eren d'una mida mitjana i variable, sent les variants de mosaic més comunes les *opus lithostrotum*<sup>6</sup>, les *opus signinum*<sup>7</sup> i les *opus sectile*<sup>8</sup>, però amb el temps es van voler representar motius més complexos que requerien peces més petites, més tonalitats de colors i més varietat de textures que ajudessin a reflectir la llum per enriquir-los, d'aquesta manera (reduint el pes de les tesselles i buscant nous materials) van traslladar el mosaic a les parets, passant de l'*opus pavimentale*<sup>9</sup> a l'*opus parietale*<sup>10</sup>, i més tard, en l'Imperi Bizantí es van començar a utilitzar tesselles de pedra en combinació amb tesselles de vidre provinents d'Alexandria (Egipte) i tesselles de ceràmica, la qual cosa va permetre reduir encara més pes dels mosaics i començar a utilitzar-los en les parets i els sostres posant de moda l'*opus musivum*<sup>11</sup>, l'*opus vermiculatum*<sup>12</sup>, i l'*opus tessellatum*<sup>13</sup>). Després, amb els mosaics d'índole religiosa i de representacions històriques cada vegada s'emprava més el mosaic en tota mena d'edificacions de la reialesa o pertinents a la religió, així que, en buscar materials que ajudessin a representar el misticisme i a aportar llum i calidesa a aquests, es van començar a emprar tesselles de

---

<sup>6,6,7,8,9,10,11,12</sup> Segons l'Enciclopèdia Catalana, l'opus parietal és l'aparell de les parets d'un edifici que, normalment, té un nucli construït amb opus caementicium, és a dir, un morter de calç gruixut. Pot ésser opus quadratum, quan els blocs són de pedra treballada totalment regulars; opus incertum, obtingut per la unió, mitjançant argamassa, de grans trossos irregulars de pedra; opus reticulatum, que consisteix en blocs col·locats en filades obliqües de 45º d'inclinació formant un dibuix en xarxa; opus testaceum (també opus latericium), realitzat amb maons compactats amb morter de calç; opus vittatum, que alterna filades horitzontals de pedra i de maó; opus spicatum, que, utilitzat també per a la pavimentació, forma un dibuix en espina, i opus mixtum, que combina dos o més d'aquests tipus de recobriment. Igualment, també hi havia diferents tipus d'opus pavimentale per a construir el paviment d'un edifici. Pot ésser opus signinum, consistent en un morter de calç molt fi mesclat amb ceràmica esmicolada que servia per a impermeabilitzar els aqüeductes, cisternes i piscines, i opus musivum, quan el terra es recobria de mosaic, del qual n'hi havia tres tipus: opus tessellatum (teselles d'1 cm), opus vermiculatum (teselles minúscules) i opus sectile (fet amb peces de marbre en lloc de tesselles).

vidre metàl·lic daurat i platejat en paviments, sostres i parets. D'aquesta manera, es va començar a desenvolupar en l'estil bizantí un gran nombre de mosaics en els quals s'utilitzen aquest tipus de tesselles per "dibuixar la llum" a l'interior dels seus edificis de major rellevància (Vallespín Muniesa, 2012, pp. 231-241). Les tesselles eren tallades a mà amb tenalles o cisalles, en forma de petits cubs i constaven d'una capa de vidre fos gruixut (aproximadament 5,5-6 mm) d'un to blau-verdós translúcid, la capa de pa d'or (d'aproximadament 0,1 mm) i la *cartellina* de vidre bufat (d'aproximadament 0,5 mm). Les tesselles de l'estil bizantí només es podien col·locar d'una forma (amb la *cartellina* cap a l'exterior del morter) i només es col·locaven en mosaics d'interior, ja que el que pretenien normalment era donar calidesa i amplificar la llum de les sales, crear un efecte òptic en el qual l'espectador literalment és veïes enlluernat per la llum de la divinitat i ajudar a transmetre millor les escenes religioses, divines o de la reialesa.

Un exemplar de l'estil bizantí en el qual s'utilitzen les tesselles de vidre metàl·lic daurat seria el dels mosaics de les voltes del Mausoleu de la Gala Placidia (S.V) de Ravenna, Itàlia. I també els mosaics de la Basílica de Santa Sofia d'Istanbul. (López Martínez, 2018, pp.13-15)

#### 4.1.3.1.1.2.ESTIL VENECIÀ

L'estil venecià es va veure severament influenciat per l'estil bizantí i, de fet, en resulta la seva continuació més evolucionada.

El més important a destacar d'aquest, és que deixa d'utilitzar una combinació de tesselles de pedres i vidre per utilitzar gairebé únicament vidre venecià en totes les seves varietats (vidres metàl·lics, *smalti*, i totes les altres varietats existents que imiten les pedres precioses, com la varietat calcedònia). Les tesselles es segueixen tallant a mà i les seves formes poden ser una mica més variables, no resultant tan cúbiques. Les tesselles de vidre metàl·lic daurat es mantenen amb les mateixes característiques que en l'estil bizantí i només permeten la col·locació amb la *cartellina* cap a l'exterior, ja

que, per norma general, el mosaic venecià també s'emprava en interior, per a finalitats semblants a les del bizantí. Per tant, és comú trobar mosaic venecià en esglésies, palaus i basíliques.

Alguns exemplars de l'estil venecià en el qual s'utilitzen les tesselles de vidre metàl·lic daurat serien La Capella de St. Jordi a Woolwich, Anglaterra, els mosaics de l'Església de St. Tomàs de Canterbury a Enfield, Anglaterra, els de l'Abadia de Westminster de Londres, també a Anglaterra i els mosaics de la Basílica de St. Marcos de Venècia, Itàlia. (López Martínez, 2018, pp.15-17)

#### **4.1.3.1.2.TIPUS DE MORTER**

El tipus de morter emprat per a adherir les tesselles del mosaic és un dels elements més importants a tenir en compte si es vol entendre la durabilitat i el comportament d'aquests envers el temps, ja que el morter és l'encarregat d'adherir les tesselles al suport i d'aportar unitat i cohesió a l'obra musivària.

S'entén per morter la barreja d'un element aglomerant (que aporta unió i cohesió) i un àrid (material granulat que aporta cos i rugositat al morter) amb aigua.

##### **4.1.3.1.2.1.ESTIL BIZANTÍ**

Els grecs ja coneixien l'ús de la calç com a aglomerant en morters i com a element per a afinar les parets de les seves construccions (arrebossat de calç), però van ser els romans els qui van perfeccionar, modernitzar i els qui més van utilitzar els morters de calç en les seves construccions i obres d'art.

Així doncs, l'imperi bizantí heretaria aquestes habilitats i utilitzaria de forma generalitzada els morters de calç i sorra per la realització dels seus mosaics. També heretaria l'addició de pols de marbre per a realitzar morters amb àrids molt fins, i segons la zona, també l'addició d'àrids de terra cuita, maó o putzolana (fragments de

roques volcàniques) que milloren la duresa i l'estabilitat del morter. En el cas de la putzolana també l'impermeabilitzen i ajuden a tornar-lo hidràulic (que pot endurir només per contacte amb l'aigua i sense necessitat d'aire), ja que la calç emprada en morters (ja apagada<sup>14</sup> ( $\text{Ca}(\text{OH})_2$ )) és àeria, el que vol dir que necessita estar en contacte amb l'aire per a poder endurir, perdent poc a poc l'aigua de pastat (aigua amb la qual es fa la pasta del morter) i després carbonatar per acció del  $\text{CO}_2$  atmosfèric i convertir-se en  $\text{CaCO}_3$  (des de la superfície cap a l'interior). Pel que fa als àrids que afegien en els morters, de forma generalitzada, contenien silici en combinació amb alumini (com la sorra i la putzolana) o bé  $\text{CaCO}_3$  (com el marbre), (Álvarez, et al. 1995, pp. 52-59.) i per tant, àrids de composició similar a la del vidre.

Els bizantins preparaven el suport on aniria el mosaic gairebé igual que el romans. (veure Fig. 8.) Si aquest era molt irregular, es condicionava amb pedres de proximitat fins a obtenir una superfície estable i dura que fos la més llisa possible, i s'anaven afegint capes de morter de calç i sorra amb proporcions variables d'àrids, que a cada nova capa

havien de ser més fins, perquè la capa final, que havia de rebre les tesselles, fos la més llisa i suau.

Una vegada

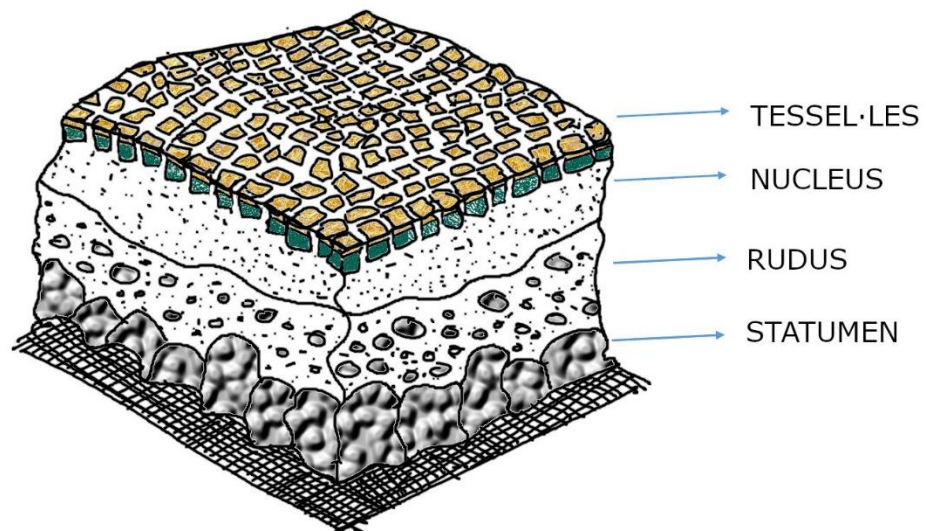


Fig. 8. Esquema sobre les capes que s'afegien sovint en un mosaic d'origen romà o bizantí (creació pròpia).

<sup>14</sup> Per aconseguir la calç apagada per a fer els morters es calcinaven (en forns de pedra a uns 900°C) roques calcàries amb un gran contingut en  $\text{CaCO}_3$  (carbonat de calci) fins a obtenir  $\text{CaO}$  (calç viva), i aquesta s'apagava amb aigua produint una forta reacció exotèrmica (desprenent una forta reacció calorífica) i obtenint  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  Calç apagada, ja llesta per a preparar morters. Els morters de calç, sorra i aigua, aniran carbonatant gràcies al  $\text{CO}_2$  de l'atmosfera i perdent l'aigua d'amassat, gradualment des de l'exterior fins a l'interior, mantenint cert grau d'humitat en el seu nucli i finalment es convertirà tota l'estratigrafia en un conjunt de  $\text{CaCO}_3$ .

s'havia preparat el suport i s'havia fet el disseny previ del mosaic, hi havia dues opcions per a col·locar les tesselles en el morter, la primera era la tècnica directa, que consistia a anar inserint les tesselles dintre del morter mentre aquest encara era fresc, el que produïa mosaics amb les tesselles amb cert desnivell entre elles i unes juntes bastant desiguals. I la segona, l'anomenada tècnica indirecta, que consistia a enganxar les tesselles (amb algun adhesiu orgànic rebaixat i bastant feble) per la cara vista (deixant la cara no vista a l'aire) completant tot el disseny del mosaic (al revés de com s'havia de veure) en algun tipus de superfície auxiliar, com ara un pergamí, paper o una taula de fusta; i un cop arribat a aquest punt hi havia dues opcions, o bé girar la superfície on s'havien enganxat i col·locar totes les tesselles a la vegada sobre el morter encara fresc i exercint la mateixa pressió a tot arreu (desenganxant-les després de la superfície auxiliar amb aigua calenta o freda), el que donaria com a resultat un mosaic amb les tesselles amb poc o cap desnivell entre si, o bé, existia l'opció de girar el suport en què les tesselles estaven enganxades i col·locar les tesselles sobre el morter ja gairebé mig carbonatat, desenganxar-les i posteriorment afegir una colada de morter de junta (més líquida i amb àrids encara més fins que el morter de suport), el que donaria com a resultat un mosaic bastant pla, amb més capes i amb juntes bastant iguals entre tesselles. (Cazalla Vázquez, 2002, pp.19-20)

#### **4.1.3.1.2.2. ESTIL VENECIÀ**

Pel que fa a l'estil venecià, quant als morters, es manté bastant conservador i manté les tècniques de l'imperi bizantí emprant morters de calç i sorra procurant cuidar les proporcions d'àrid i morter, la seva qualitat i una bona preparació del suport que rebrà el mosaic, però implementa algunes millores pel que fa a les tècniques d'aplicació. L'estil venecià d'elaboració de mosaic té una tendència més marcada a elaborar les obres com si fossin pintures de cavallet i no pas revestiments parietals o del paviment. Aquest consisteix a preparar el suport sobre el qual anirà el mosaic (veure Fig. 9.) de

manera que aquest tingui només les mides aproximades que tindrà el mosaic, i pugui ser independent de la paret en la qual anirà penjat o del suport de destí. Amb l'ajut d'una estructura d'enreixat metàl·lic, perquè no s'escolin les pedres ni el morter, es van col·locant en pla totes les capes necessàries (alleugerint bastant el seu gruix en comparació a com es feia en l'Imperi Bizantí), fins a obtenir com una mena de suport de cavallet, en el qual queda al descobert l'última capa de morter de calç i d'àrid molt fi, que servirà per rebre les tessel·les. Un cop s'arriba a tenir el suport preparat, es col·loca aquest en un cavallet, per a poder treballar-hi en ell de forma vertical o lleugerament inclinada, i en aquest punt, existeix l'opció de l'estil indirecte en què s'hauria d'anar col·locant les tessel·les d'una en una dintre del morter (que es va humitejant i tapant amb draps humits, perquè no carbonati abans de temps), o bé, l'opció de l'estil indirecte en què s'hauria d'haver preparat prèviament la distribució (a la inversa de com es voldrà que es vegi finalment) del disseny, enganxant les tessel·les en un paper per la cara vista amb alguna cola orgànica soluble en aigua calenta (com per exemple la cola de conill o la de peix) i, o bé, col·locar el suport sobre la cara que queda exposada, o bé, agafar el paper i posar-lo sobre el morter aplicant pressió de manera uniforme fins que les tessel·les quedin ben col·locades en el morter. Segui quin sigui l'estil emprat, un cop les tessel·les són col·locades al morter, i aquest ha perdut l'aigua de pastat i ha començat a carbonatar, es gira el suport deixant la reixa metàl·lica al descobert, aleshores s'emmarca el mosaic per tot el seu perímetre amb fusta o bé ferro, elaborant un marc que serà més gruixut que el total de l'estratigrafia del mosaic, i un cop es té el marc elaborat, es començarà a abocar una colada de morter per a omplir possibles espais entre materials, i entre el suport i el marc. Quan aquesta s'hagi assentat, s'abocarà una capa de morter més espès i amb un àrid més gran, s'enrasarà fins al límit del marc i es treballarà amb un llistó de fusta per deixar-lo el més llis possible. Per últim, una vegada el morter hagi assecat es girarà la peça i, si s'ha seguit l'estil indirecte, s'haurà de ruixar amb aigua per a desenganxar el paper i extreure les possibles restes de cola de les tessel·les, i si no, es neteja amb una esponja o bé un drap i aigua per a extreure possibles restes de brutícia o de morter que pugui haver quedat sobre alguna tessel·la de forma indesitjada. D'aquesta manera l'estil

IRENE GARCÍA DÍAZ

LES TESSEL·LES DE VIDRE METÀL·LIC DAURAT DE MURANO EMPRADES EN MOSAIC  
ESTUDI, CARACTERITZACIÓ, EVOLUCIÓ HISTÒRICA I CONSERVACIÓ-RESTAURACIÓ

Treball Final de Grau, Grau de Conservació-Restauroció de Béns Culturals, Facultat de Belles Arts,  
Universitat de Barcelona, curs 2019/2020

venecià elabora obres que es poden penjar o bé integrar-les en una paret o un suport concret, per tant, i per norma general, són mòbils, el que sense dubte presenta una gran millora si s'ha d'intervenir la peça futurament amb algun procés de conservació o restauració, ja que es podria transportar (si el seu estat de conservació ho permet) i es podria accedir fàcilment tant al seu anvers com al seu revers.

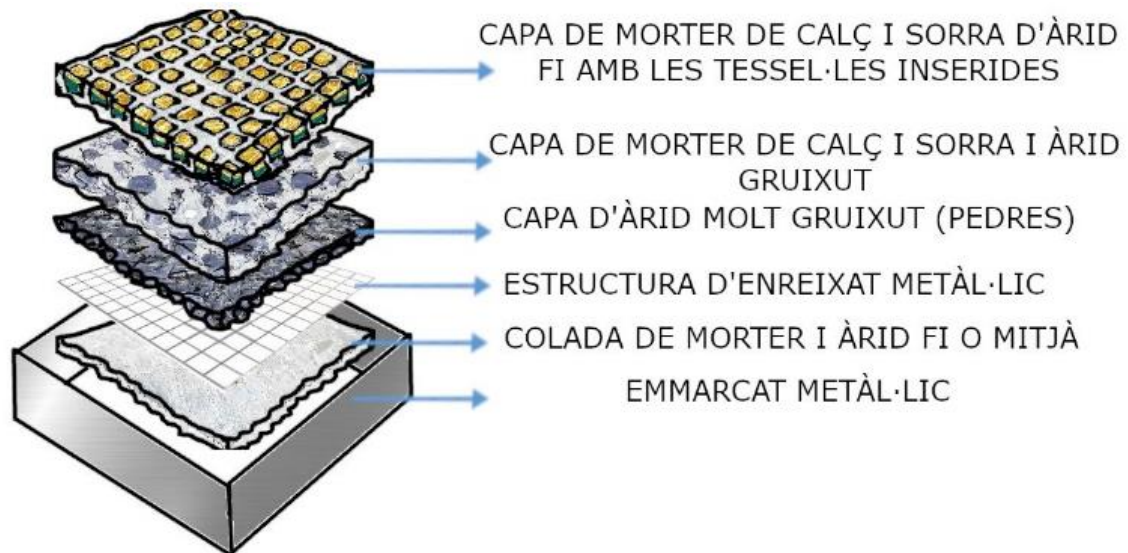


Fig. 9. Esquema sobre les capes que componen un mosaic d'estil venecià tradicional (creació pròpia).

#### 4.1.3.2. MODERNISTA

En tractar l'estil modernista, es pretén veure l'evolució que segueix el vidre metàl·lic daurat en el territori català, dintre d'una de les èpoques artístiques de major esplendidesa del mosaic, la vitralleria, la ceràmica i el revestiment mosaic, el Modernisme Català. Aquest va ser suficientment influent per a aportar canvis en el material, tot i que, com a moviment artístic, va durar relativament poc, ja que es va donar a finals del S. XIX i fins al principi del S. XX.

Durant l'època del Modernisme Català, es va donar una forta renovació tecnològica i un fort sentiment per renovar l'art i fer-lo propi del territori, entre altres coses,



recuperant les antigament anomenades arts menors<sup>15</sup>, revalorant-les a la categoria de les arts majors<sup>16</sup> i provocant una forta evolució en les seves tècniques i metodologies. (Web del Museu del Modernisme de Barcelona: <<https://www.mmbcn.cat/el-museu/modernisme-a-catalunya/>>).

Per abordar aquest apartat, es tracta el tema des del mètode de treball de dues grans personalitats del moment (un conegut ceramista i mosaïcista i un famós arquitecte), ja que les seves metodologies de treball serveixen d'exemple per a explicar l'evolució del vidre metàl·lic daurat en aquesta època en concret, i, tot i restar ambdós dintre del mateix moviment, cadascun aporta canvis significatius en l'ús d'aquest tipus de material.

Primerament, es tracten el tipus de tessell·les que feien servir ambdós i, seguidament, els morters.

#### **4.1.3.2.1.TIPOLOGIA DE TESSEL·LES**

Resulta necessari entendre quin tipus de tessell·les empraven en cada estil per entendre com aquests evolucionaven, com es va introduir el vidre metàl·lic daurat en ells i com en certa manera, la necessitat d'adaptar el material a aquest ús, va implicar l'evolució del vidre metàl·lic daurat.

##### **4.1.3.2.1.1.LLUÍS BRÚ I SALELLES**

Lluís Brú i Salelles fou un conegut ceramista, originari de València, amb taller a Barcelona, que va tractar amb importants arquitectes del moment, com Lluís Domènech i Montaner i, tot i que ja era conegut en el món de la ceràmica i treballava amb la Fabrica Pujol i Bausis (La Rajoleta) en el disseny de ceràmiques que s'empraven

---

<sup>15</sup> Es consideraven arts menors totes aquelles que barrejaven la creativitat i la bellesa de la decoració amb objectes d'ús quotidià, com per exemple, tots els oficis d'artesania, la ceràmica, el mosaic, la vitralleria, la forja, la pelleteria, la joieria, etc.

<sup>16</sup> Les arts majors, són aquelles que des de temps antics han estat considerades com les arts més excelses, com per exemple, la pintura, la literatura, el teatre, la dansa, l'escultura, l'arquitectura i posteriorment les arts plàstiques i visuals.

IRENE GARCÍA DÍAZ

LES TESSEL·LES DE VIDRE METÀL·LIC DAURAT DE MURANO EMPRADES EN MOSAIC  
ESTUDI, CARACTERITZACIÓ, EVOLUCIÓ HISTÒRICA I CONSERVACIÓ-RESTAURACIÓ

Treball Final de Grau, Grau de Conservació-Restauroció de Béns Culturals, Facultat de Belles Arts,  
Universitat de Barcelona, curs 2019/2020



en la construcció i decoració d'habitatges de l'època, és ben conegut també per la seva obra en format mosaic, ja que va passar un temps formant-se sobre les tècniques d'elaboració del mosaic a Venècia i per tant, es veuria severament influenciat per l'estil venecià. Algunes de les seves obres més famoses són els mosaics de l'Hospital de Santa Creu i Sant Pau, els del Palau de la Música Catalana, els de l'Estació de València, i el plafó de xemeneia que representava St. Jordi<sup>17</sup>, elaborat amb en Josep Triadó.

Pel que fa al tipus de tesselles de vidre metàl·lic que utilitza Brú, en els seus mosaics (a part de ceràmica i altres tipologies de vidre de Murano), sembla ser que les encarregava a dos proveïdors de Murano (Lorenzo Radi i Ugo Donà) (veure Fig. 10.), i comprava les *piastrelles* i les tallava a mà seguint la tradició veneciana, creant tesselles regulars de forma més o menys cúbica i d' 1 x 1 cm, i col·locant-les seguint o bé l'estil directe o bé l'indirecte en funció de la necessitat de la peça i del moment. Aquestes tesselles seguien tenint les mateixes característiques que s'han esmentat durant les èpoques anteriors i una única forma de col·locació (amb la *cartellina* cap a l'exterior). Brú solia col·locar-les en mosaics d'interior o en zones cobertes, com voltes i sostres o zones de les façanes que quedaven resguardades de les inclemències del temps.

(SALINÉ I PERICH, 2003, pp.1-161)

*Fig. 10. Rebut a nom de Lluís Brú d'una botiga d'smalti (pasta vítria) d'Ugo Donà, de Murano Itàlia, on compra 9000 Kg de vidre metàl·lic daurat. (Propietat de l'Arxiu Municipal d'Esplugues de Llobregat, Fotografia realitzada per Alex Masalles Rivera, Conservador i Restaurador de materials inorgànics del Museu Nacional d'Art de Catalunya))*

---

<sup>17</sup> Obra 153203-000 propietat del Museu Nacional d'Art de Catalunya i amb la qual es van poder observar recentment les tesselles de vidre metàl·lic daurat de primera mà, a les practiques externes realitzades al MNAC, les quals donen peu a aquest treball.

Alguns exemplars de l'estil modernista d'en Lluís Brú en el qual s'utilitzen les tesselles de vidre metàl·lic daurat, serien els mosaics de L'Hospital de la Santa Creu i Sant Pau de Barcelona, Catalunya (LLOBET FONT et al. 2014, pp. 173-179) i el mosaic del St. Jordi d'en Brú i en Triadó que va guanyar una medalla de primera classe a l'Exposició Internacional de Barcelona de 1911.

#### **4.1.3.2.1.2.ANTONI GAUDÍ I CORNET**

Antoni Gaudí i Cornet fou un conegut arquitecte català, amb taller a Barcelona, que es va encarregar de dissenyar i dirigir molts projectes arquitectònics, que avui dia són mundialment famosos per la seva característica estètica, com ara La Pedrera, La Casa Batlló, El Parc Güell o El Temple Expiatori de La Sagrada Família. Totes les creacions arquitectòniques de Gaudí tenen en comú la sofisticació de disseny i tecnologia constructiva, així com el revestiment interior i exterior amb mosaic, però no qualsevol mena de mosaic, sinó que al llarg de la seva vida Gaudí va anar experimentant amb diversos materials emprats en revestiment de forma habitual com són diferents tipus de pedres i marbres, fins que va començar a utilitzar la ceràmica i el vidre (moltes vegades reaprofitant desfets i peces quotidianes trencades o rebutjades de fàbriques) en els revestiments dels seus projectes. En veure el potencial que aquests materials tenien, i tenint en compte que aquests habitualment s'utilitzaven en interior i en superfícies llises o de curvatures no massa exagerades, els va voler col·locar en exterior, adaptant-los a la complexitat dels seus dissenys i figures, en les quals, de forma molt comuna hi havia grans superfícies ondulades, curvatures molt exagerades (convexes i còncaves), voltes molt elevades, i grans volums esfèrics (entre d'altres). Per tant, en aquest moment a l'arquitecte se li plantejaria el que suposaria un gran repte, ja que pretenia adaptar la tècnica tradicional d'elaboració de mosaic (com la que feia servir Brú) a les seves innovadores obres, la qual cosa va solucionar amb la invenció de

la tècnica del trencadís<sup>18</sup>. Aquesta tècnica, considerada una variant del mosaic, consistia a trencar de forma irregular i aleatòria els materials (sense seguir un patró de tall o una forma geomètrica concreta, com es feia des de l'antiguitat) i col·locar-los a grapats sobre el morter, cosa que permetria, per una banda, una millor adaptabilitat del material pla a les superfícies corbes i esfèriques (ja que es creava una xarxa molt



Fig. 11. Esquema sobre el tipus de pla i curvatures que es creen en els mosaics amb les tesselles tallades tradicionalment, en comparació a les que es creen amb les tesselles tallades en trencadís (elaboració pròpia).

més complexa i amb més punts de canvis de pla que aportaven més suavitat a les formes) (veure Fig. 11.) i, per l'altra, una considerable acceleració del temps d'elaboració del revestiment, ja que, a diferència del mosaic tradicional, el trencadís no mantenia un patró de col·locació de les tesselles, només mantenia el patró d'ordenació i distribució dels colors.

D'aquesta manera, i utilitzant aquesta tècnica, Gaudí va solucionar el revestiment de moltes de les seves obres, fins a arribar al projecte de La Sagrada Família<sup>19</sup> l'any 1883, en el qual culminarien tots els seus anys d'aprenentatge i experiència en el disseny d'arquitectura i al qual es dedicaria en exclusiu des del 1914 fins a la seva mort el 1926. Com és ben sabut, La Sagrada Família, coneguda per la seva estètica i els seus grans

<sup>18</sup> Segons s'explica en el Blog oficial de la Sagrada Família, en algunes ocasions Gaudí visitava al ceramista Lluís Brú, i en una en particular el va veure com col·locava les tesselles en els seus mosaics, va agafar una rajola, la va trencar i li va dir: "A grapats s'han de col·locar, o no acabarem mai!".

<sup>19</sup> El primer any de construcció de la Sagrada Família (1882) el projecte no el dirigia Antoni Gaudí sinó Francisco de Paula del Villar qui havia ideat un disseny totalment diferent al que posteriorment ideà Gaudí.

IRENE GARCÍA DÍAZ

LES TESSEL·LES DE VIDRE METÀL·LIC DAURAT DE MURANO EMPRADES EN MOSAIC  
ESTUDI, CARACTERITZACIÓ, EVOLUCIÓ HISTÒRICA I CONSERVACIÓ-RESTAURACIÓ

Treball Final de Grau, Grau de Conservació-Restauroció de Béns Culturals, Facultat de Belles Arts,  
Universitat de Barcelona, curs 2019/2020

pinacles, consta de diverses façanes i encara resta en construcció avui dia, tot i que es preveu que aquesta s'acabarà cap al 2026, i que tindrà 18 pinacles en total dels quals 12 són dedicats als 12 apòstols, Gaudí però, només va poder veure acabada la capella de St. Josep, la cripta, l'àbsis i la façana de la Nativitat de forma parcial i amb només el pinacle de St. Bernabeu acabat. Com que el projecte que va idear Gaudí contemplava l'edificació de pinacles molt alts (els més baixos són de 98,40 m i els més alts de 172,50 m) l'arquitecte va pensar que no podia col·locar qualsevol material per a revestir-los, ja que les seves formes i les inclemències atmosfèriques a les quals es veurien sotmesos a tanta alçada, implicaven que el material de revestiment hauria de ser capaç de suportar-les amb certes garanties de durabilitat, però sense comprometre l'estètica, la seguretat i la practicitat en la construcció del seu projecte (no seria rendible, ni segur, ni pràctic, un cop construïts els pinacles, haver de restaurar-los o reposar material cada poc temps, per desprendiments o pèrdues). Així doncs, segons la Tesi Doctoral de la Doctora Julia Gómez Ramió (Gómez Ramió, 2015, pp.33-43), Gaudí va estudiar l'ús del vidre de Murano en diverses obres musivàries antigues i va enviar a dos dels seus aprenents a l'illa de Murano perquè investiguessin sobre les qualitats d'aquest i com s'emprava, i finalment, Gaudí va decidir que utilitzaria el vidre de Murano (en moltes de les seves varietats), ja que podria complir amb els requisits de l'arquitecte per al material de revestiment dels pinacles. Per tant, Gaudí va aplicar la innovadora tècnica del trencadís per a adaptar el vidre de Murano a les seves necessitats de col·locació en exterior, quelcom mai fet fins aleshores, i aquí és on es produeix un dels principals canvis en el vidre metàl·lic daurat. Com que l'Arquitecte va estar estudiant com eren les *piastrelles* de vidre metàl·lic daurat es va adonar que la *cartellina* d'aquest, en ser tan poc gruixuda, a diferència de l'altra capa de vidre que el conforma, potser no era suficient protecció per al pa d'or a les altures esmentades, i se li va ocórrer que podria girar les tessel·les i col·locar-les amb el vidre gruixut cap a la cara exterior, oferint més protecció, però com que aquest era translúcid i blau-verdós, les qualitats de l'or que potenciava la *cartellina* es veien severament minvades. Per aquest motiu, el proveïdor de vidre metàl·lic daurat per al projecte de la Sagrada Família de Gaudí (El Forn d'Angelo Orsoni) va començar a fabricar també *piastrelles* amb el vidre gruixut

IRENE GARCÍA DÍAZ

LES TESSEL·LES DE VIDRE METÀL·LIC DAURAT DE MURANO EMPRADES EN MOSAIC  
ESTUDI, CARACTERITZACIÓ, EVOLUCIÓ HISTÒRICA I CONSERVACIÓ-RESTAURACIÓ

Treball Final de Grau, Grau de Conservació-Restauroació de Béns Culturals, Facultat de Belles Arts,  
Universitat de Barcelona, curs 2019/2020

completament transparent, i per tant, evolucionant així les tesselles de vidre metàl·lic daurat, ja que a partir d'aquest moment presentaven dos possibles mètodes de col·locació, atès que els seus dos vidres de protecció (la *cartellina* i el més gruixut) eren completament transparents i ambdós potenciaven les qualitats de l'or (veure Fig. 12.).

Per tant, Antoni Gaudí utilitzaria tesselles de vidre metàl·lic daurat que ja no es tallaven de forma cúbica i regular i es col·locaven en l'interior (com les de l'estil tradicional venecià o el bizantí), sinó que eren irregulars i anguloses, i, a més, es podien col·locar d'una forma més versàtil i en l'exterior.

L'exemplar més clar de l'estil modernista de Gaudí on es pot veure l'ús del vidre metàl·lic daurat és el dels pinacles de la Sagrada Família, a Barcelona. (López Martínez, 2018, pp.23-25)

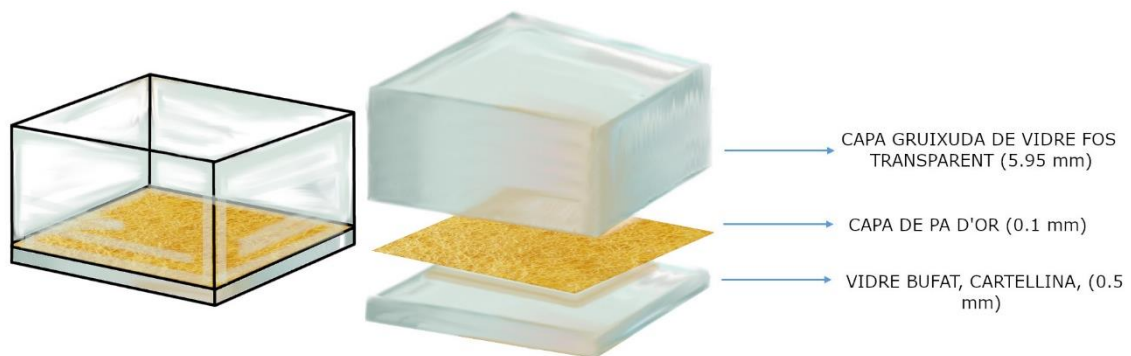


Fig. 12. Esquema sobre les capes de les tesselles de vidre metàl·lic daurat que utilitza Gaudí, i el seu gruix i materials (creació pròpia).

#### 4.1.3.2.2. TIPUS DE MORTER

Com ja s'ha avançat anteriorment, el tipus de morter emprat per a fixar les tesselles del mosaic es un dels elements més importants a tenir en compte si es vol entendre la durabilitat i el comportament d'aquests envers el temps, ja que aquest és l'encarregat d'adherir les tesselles al suport i d'aportar unitat i cohesió a la obra musivària. I a més,

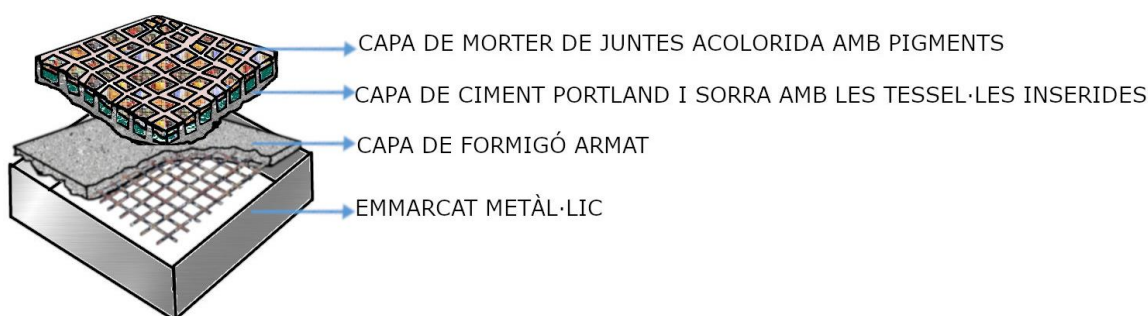
en l'època del modernisme la tecnologia de fabricació de morters avança considerablement en poc temps.

#### 4.1.3.2.2.1.LLUÍS BRÚ I SALELLES

Pel que fa als morters que Lluís Brú emprava, segons els estudis de Marta Saliné i la pròpia experiència en tractar amb la peça 153203-000 del MNAC (el St. Jordi de Brú i Triadó), s'ha pogut veure que, tot i que l'autor emprava les tècniques venecianes d'aplicació i elaboració del mosaic (tant en l'estil directe com en l'indirecte), en moltes de les seves obres va utilitzar el morter fet de sorra i ciment Portland<sup>20</sup>, com a morter dels seus mosaics, donant els mateixos usos que en l'antiguitat es donaven als morters de calç i sorra (veure Fig.13.). Aquest fet suposà un gran canvi, ja que el ciment Portland®, a diferència dels morters de calç, és hidràulic, el que vol dir que aquest té la capacitat d'assecar i endurir-se només en entrar en contacte amb aigua, i sense necessitat de l'acció de l'aire. Aquest innovador aglomerant, de forma generalitzada, es fabrica barrejant el seu component principal, anomenat Clínquer, (roques calcàries (amb alt contingut en  $\text{CaCO}_3$  i  $\text{MgCO}_3$ ) i argiles calcinades (amb alt contingut en  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{H}_2\text{O}$  i  $\text{SiO}_2$ )) amb guix ( $\text{CaSO}_4$ ), per a retardar l'assecatge. També s'afegeixen altres additius, per aportar certes qualitats de duresa i rigidesa. Tot i que el seu contingut principal segueix sent el del clínquer, el qual és elevat en aluminat tricàlcic ( $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{CaO}$ ), silicat tricàlcic ( $3\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$ ), silicat bicàlcic ( $2\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$ ) i ferroaluminat tetracàlcic ( $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 4\text{CaO} \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3$ ). La seva composició elevada en silicats, aluminats i ferro aluminats de calci, produeix que en entrar en contacte amb aigua, reaccioni endurint a l'instant i assecant en poc temps sense perdre l'aigua de pastat i incorporant-la en la seva estructura química. Aquest fet, a diferència dels morters de calç i sorra (que carbonataven al ritme d'un mm de l'estratigrafia cada 24 h per la pèrdua regular d'aigua de pastat de la superfície) permetria treballar més ràpidament reduint els temps d'assecatge, endurint la totalitat de l'estratigrafia, en poques hores

<sup>20</sup> El ciment Portland fou patentat en 1824 per Joseph Aspdin a Anglaterra. Però va tenir el seu període de màxima esplendor a Catalunya en ple Modernisme Català.

sense necessitat d'aire, i carbonatant sense perdre l'aigua de pastat. Es coneix, gràcies al treball de documentació que l'Arxiu Municipal d'Esplugues Llobregat va fer del taller de Lluís Brú i l'observació de la peça 153203-000 del MNAC, que aquest acabava les seves obres aplicant un morter de juntes entre les tesselles, en forma de borada acolorida segons la tonalitat del mosaic, aplicant-hi una colada de morter d'àrid molt fi,



*Fig. 13. Esquema sobre les capes que feia servir Lluís Brú per a elaborar mosaics amb tesselles metàl·liques daurades amb el seu estil modernista (elaboració pròpia).*

i aigualida, barrejada amb pigments i, un cop aquesta assecava, netejant finalment les tesselles amb aigua o un drap humit. (Saliné i Perich, 2013, pp.1-13).

#### 4.1.3.2.2.ANTONI GAUDÍ I CORNET

Durant els seus nombrosos projectes, a part d'experimentar amb diferents materials per al revestiment de les seves obres, Gaudí també va experimentar amb diferents tipus de morters i àrids. Arribant a la conclusió que, per a emprar el vidre de Murano de la forma més adient per als seus propòsits en els pinacles de la Sagrada Família, utilitzaria un morter mixt de calç, sorra i ciment Portland®, de manera que tindria totes les propietats del morter de calç en conjunt amb la qualitat hidràulica del ciment, el que crearia un morter hidràulic amb un enduriment i assecatge bastant lent, que permetria a l'arquitecte dur a terme els seus projectes. D'aquesta manera, va néixer la idea de prefabricar certes parts dels pinacles a peu d'obra i després unir-les a l'estructura principal d'aquest (feta primerament de pedra local i més tard de formigó



armat<sup>21</sup>) amb el morter, fent més fàcil el revestiment, ja que no havia de ser elaborat tot en altura, el que va desembocar en l'ús de motlles i encofrats per la realització d'aquestes parts (Gómez Ramió, 2015, pp.69) i, tot i que moltes parts es realitzaven col·locant el revestiment sobre el morter mitjançant l'estil directe, i aplicant després, en algunes ocasions, un morter de juntes entre les tesselles, va acabar definint-se amb el temps, un mètode de prefabricació dels mosaics, ja que el morter hidràulic així ho

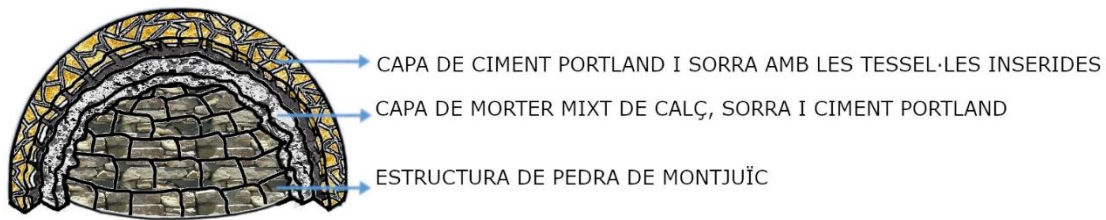


Fig. 14. Esquema, amb un volum simplificat, sobre les capes constituents d'un mosaic amb tesselles de vidre metàl·lic daurat, elaborat amb l'estil modernista de Gaudí i el seu mètode prefabricat.

permetria (veure Fig. 14.). Aquest mètode prefabricat consistia bàsicament a enganxar o col·locar les tesselles per la cara que havia d'anar mirant a l'exterior (en aquest cas la del vidre gruixut) en algun tipus de motlle o encofrat que tindria la forma final de la peça a realitzar. Aleshores, s'abocava una colada del morter esmentat anteriorment (ja que havia de fluir fins a omplir els espais entre tesselles) fins a omplir la totalitat de l'encofrat o del motlle en qüestió i un cop aquest havia assecat o endurit, es desencofrava i es col·locava la peça en obra, sense necessitat d'aplicar posteriorment un morter de juntes o una beurada.

#### 4.1.3.3. ACTUALITAT

El ciment Portland® i La Sagrada Família van resultar realment en un punt d'inflexió a la història i l'evolució del vidre metàl·lic daurat, ja que no només van acabar influint en la seva fabricació i disseny sinó que també ho van fer en el seu mètode d'aplicació en mosaic. És per aquest motiu que a hores d'ara, en ple 2020, existeixen múltiples tipologies de tesselles de vidre metàl·lic daurat (tot i que la seva fabricació ha evolucionat amb canvis molt lleus, però significatius) i múltiples mètodes d'aplicació

<sup>21</sup> El formigó armat consisteix segons l'Enciclopèdia de la Llengua Catalana en, formigó a l'interior del qual hom disposa armadures metàl·liques, destinades a resistir esforços de tracció o de flexió, que el formigó ordinari no suportaria bé.

IRENE GARCÍA DÍAZ

LES TESSEL·LES DE VIDRE METÀL·LIC DAURAT DE MURANO EMPRADES EN MOSAIC  
ESTUDI, CARACTERITZACIÓ, EVOLUCIÓ HISTÒRICA I CONSERVACIÓ-RESTAURACIÓ

Treball Final de Grau, Grau de Conservació-Restauroció de Béns Culturals, Facultat de Belles Arts,  
Universitat de Barcelona, curs 2019/2020



d'aquestes en mosaic. Per a tractar el tema s'aborden de forma breu les diferents tipologies de *piastrelles* que es poden trobar avui dia en el mercat, i els tipus de morters per a aplicar-les, d'ús més comú. Això no vol dir que els mètodes i morters tradicionals no s'utilitzin, i les *piastrelles* tradicionals no es fabriquin, sinó que el mercat s'ha enriquit, obrint un ventall de possibilitats adaptades a l'ús i les necessitats que cadascú vulgui donar a aquests materials.

#### 4.1.3.3.1. TIPOLOGIA DE LES TESSEL·LES

En el mercat actual de *piastrelles* de vidre metàl·lic daurat es poden trobar diversos proveïdors, dels quals a Murano només en resten dos dels més antics (Orsoni® i Donà®) i alguns més nous, que es poden trobar a Espanya, en concret a Catalunya i Saragossa (Vidalglass® i Ariño Duglass Ariplak®).

A Murano, *Il Fumace Orsoni* segueix fabricant les *piastrelles* més tradicionals amb *cartellina* transparent i vidre gruixut translúcid o bé transparent i segueix proveint dels seus materials al projecte de La Sagrada Família però, a més, també presenta en el seu catàleg altres varietats amb dos vidres protectors de 2 mm cadascun (un gruix total de 4 mm, a diferència de l'antic que en feia 6 mm) i també produeix 19 diferents tonalitats (més verdoses, blanques, rosades o grogues) i amb diferents acabats d'or (més o menys irregulars, i/o amb doble capa de pa d'or que, per tant, reflectiran la llum de formes diferents). Orsoni® també ofereix la possibilitat de rebre les *piastrelles* ja tallades a mà, en tessel·les de 2 x 2 cm i 1 x 1 cm, mesures inferiors a l'estàndard (8 cm x 8 cm), les quals alleugeren el temps d'elaboració dels mosaics i, a més, presenten més versatilitat pel que fa al mètode i estil de col·locació. Per altra banda, la fàbrica de vidre *Glass Factory Mosaici Donà Murano di Donà Stefano*, que en el passat va proveir a Lluís Brú del material per als seus mosaics, també segueix fabricant les *piastrelles* tradicionals, translúcides i transparents, però, a més, presenta en el seu catàleg 48 tonalitats de vidre metàl·lic daurat (més blancs, més verds, més grocs o més rosats) amb quatre varietats d'acabats (llis, ondulat, antic i de doble vidre i or), presentant

totes les varietats un gruix total de 5 mm i, per tant, una *cartellina* i un vidre gruixut més fi que el tradicional, exceptuant la doble, que té dos vidres gruixuts de 5mm cadascun, fent un total de 10 mm de gruix (veure Fig. 15.). Aquesta fàbrica també permet la possibilitat de demanar les *piastrelles* a mesures estàndard o bé ja tallades en tessel·les, a les mateixes mesures que ofereix Orsoni® i, a més, també dona l'opció de demanar-les ja tallades en tessel·les a mesures no estandarditzades i no regulars (no necessàriament quadrades) compreses entre 0,8 x 0,8 cm i 5 x 5 cm. (Catàleg web de

Donà:

<[https://www.mosaicidonamurano.com/mosaics\\_glass/2\\_\\_\\_golds\\_48\\_colours-3.html](https://www.mosaicidonamurano.com/mosaics_glass/2___golds_48_colours-3.html)>) (Catàleg web d'Orsoni: <<https://www.orsoni.com/the-color-choice/>>)

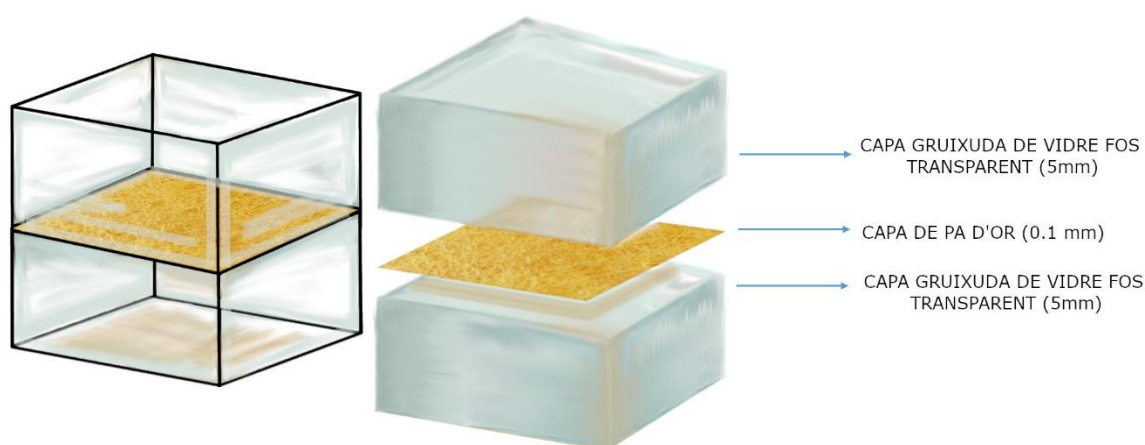


Fig. 15. Esquema sobre els materials i els gruixos, diferents als tradicionals, que es poden trobar actualment en les tessel·les de vidre metàl·lic daurat de doble gruix de vidre (creació pròpia).

En el mercat espanyol, les varietats que es poden trobar, de les quals no s'han trobat massa referències ni estudis, (són més difícils de trobar i estan menys estudiades que les del mercat Venecià) són les que ofereix Vidalglass® i Ariplak®. Vidalglass® consisteix en un vidre metàl·lic daurat, no tradicional, de dues capes de vidre (no es coneix massa la composició ni el mètode de fabricació que segueixen) d'un gruix de 3 mm cadascuna i doble capa de pa d'or, fent un total de 6 mm de gruix (veure Fig. 16.). Ariplak®, per la seva part, presenta vidres que no són de fabricació tradicional i es poden tractar químicament per a obtenir diferents qualitats i resultats estètics (segons el seu catàleg en línia), amb la particularitat que tenen una varietat concreta anomenada Ariplak®

Decoreflex Oro, amb un gruix total de 6 mm i una làmina daurada en mig (no es coneix el mètode de fabricació ni les matèries primeres), que pot aportar control solar i certes característiques de duresa i filtres diversos a escollir pel client. (Web Vidalglass: <<http://acav.cat/vidalglass/>>) (Catàleg Web d'Ariplak decoreflex oro: <[https://www.duglass.com/wp-content/uploads/2017/06/2\\_recomenda-propiedades\\_DECO.pdf](https://www.duglass.com/wp-content/uploads/2017/06/2_recomenda-propiedades_DECO.pdf)>)

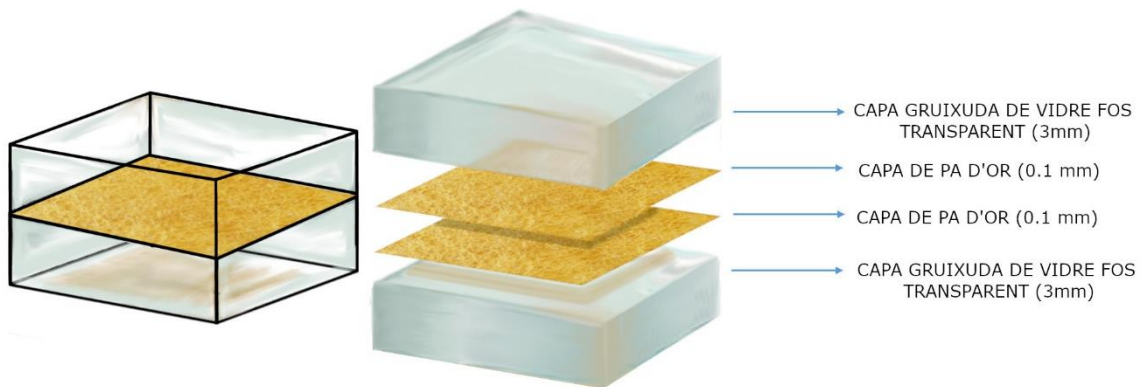


Fig. 16. Esquema sobre els materials i els gruixos, diferents als tradicionals, que es poden trobar actualment en les tessel·les de vidre metàl·lic daurat de doble gruix de vidre i de pa d'or (creació pròpia).

Així que en l'actualitat coexisteixen, de ben segur, totes aquestes varietats de vidre metàl·lic daurat en conjunt amb les tradicionals, però només les que provenen de Murano (Orsoni® i Donà®) s'anomenen com a tal vidre metàl·lic daurat de Murano i es comercialitzen per al seu ús en mosaic, ja que els altres dos proveïdors venen el seu producte adreçant-lo a altres usos diferents del mosaic.

#### 4.1.3.3.2. TIPUS DE MORTER

Pel que fa als tipus de morter que s'utilitzen avui dia, el ventall de possibilitats i proveïdors és tan ample i variat com el món mateix, així que s'aborda la temàtica de forma genèrica, tractant els que s'utilitzen de manera més comuna avui dia per a la finalitat de revestir amb mosaic.

Amb l'evolució que va suposar el ciment Portland® per al món de la construcció i dels revestiments, per les seves característiques, amb el temps, es van anar desenvolupant variants dels morters mixtes i dels morters de ciment Portland® que pretenen substituir els morters de calç i sorra tradicionals.

És per això que avui dia al mercat es comercialitzen cinc tipologies de morters genèriques adients per a revestiment, tot i que cadascuna presenta infinites varietats amb multitud d'additius i d'àrids que aporten característiques estètiques, físiques, químiques i termodinàmiques molt concretes i els fan específics per a certes funcions. Les tipologies serien les següents: - Morters de calç i sorra.

- Morters de ciment i sorra.
- Morters de ciment, calç i sorra.
- Morters polimèrics.
- Morters hidròfugs.

Entre tots aquests, els més innovadors i no tractats en apartats anteriors, serien els morters polimèrics i els hidròfugs. Els polimèrics, també coneguts com a morters cola, estan formats bàsicament per la barreja de ciment Portland® amb un àrid molt fi (generalment pols de quars ( $\text{SiO}_2$ ) i pols de carbonat ( $\text{CaCO}_3$ )), èter de cel·lulosa (de fórmula empírica<sup>22</sup>  $(\text{C}_6\text{H}_{10}\text{O}_5)_n$ , adhesius amb gran capacitat de retenció d'aigua que ajuden a hidratar millor i més lentament el ciment) i un material anomenat pols *re-dispersable* (que consisteix en una pols que prové de l'assecatge per polvorització d'un Alcohol de Polivinil (PVA) que conté làtex en emulsió (també són adhesius) i en rehidratar-se en la barreja del morter li aporta major flexibilitat) (Gómez Ramió, 2015, pp.43). Els morters hidròfugs, per la seva banda, tenen una composició tan variada com la dels morters de ciment, amb l'única peculiaritat que contenen un additiu

---

<sup>22</sup> La fórmula empírica d'un compost químic, és aquella on es representen les proporcions mínimes en les que es distribueixen els àtoms de cada element en formar dit compost, normalment s'utilitza per a presentar de forma simple compostos de cadenes llargues o de fórmules complexes, indicant el nombre d'àtoms de cada element amb un subíndex numeral, ( $\text{C}_6$ ) i indicant el nombre de vegades que es pot repetir aquest conjunt (depenent del compost) per a poder formar cadenes llargues, amb un subíndex alfabètic "(X)<sub>n</sub>". Per exemple:  $((\text{C}_2\text{H}_6\text{OSi}))_n$

anomenat hidròfug de massa (format generalment per àcids carboxílics ( $R-COOH$ ), silicones (derivades de polisiloxans de fórmula empírica  $(C_2H_6OSi)_n$ ), làtex (de fórmula empírica  $(C_5H_8)_n$ ) i un petit percentatge d'àlcalis (compostos de PH bàsic (superior a 7)) i clorurs (compostos que contenen clor (Cl)), que produeix una reacció química dintre de la barreja del morter que fa que aquest tanqui la seva estructura porosa i redueixi la seva capacitat d'absorció d'aigua a baixes pressions, és a dir quan aquesta entra en contacte amb el morter (un cop aquesta ja ha assecat) en forma de pluja o per capil·laritat.

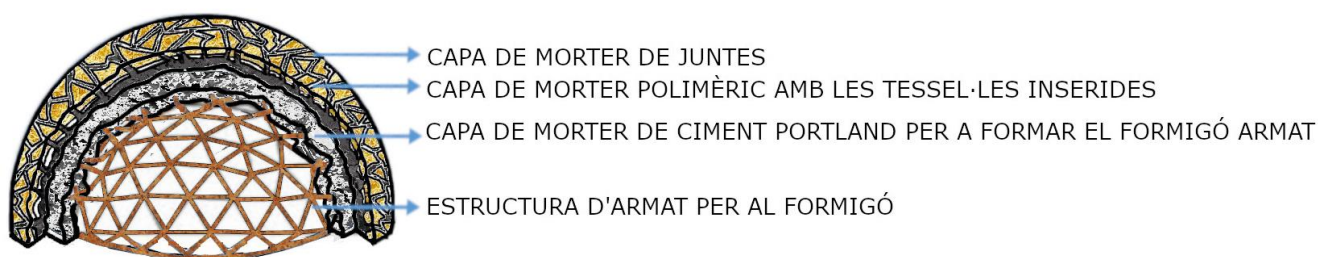


Fig. 17. Esquema amb volum simplificat, sobre les capes que es poden trobar actualment en un mosaic de tessel·les de vidre metàl·lic daurat elaborat amb el mètode actual i a partir de l'evolució del mètode que va implementar Gaudí.

Així doncs, com es pot veure, la tendència actual, tot i la coexistència dels morters tradicionals amb els actuals, ha estat la de buscar morters que aportin les mateixes (o millors) qualitats de duresa, adherència, impermeabilitat i flexibilitat que els morters tradicionals de calç i sorra, però que mantinguin les propietats hidràuliques i de ràpid assecatge del ciment Portland® i, a més, permetin tota mena de treballs i mètodes d'aplicació sofisticats. També en evolucionar els morters i crear el mètode prefabricat que emprà Gaudí, es creà una varietat més actual (veure Fig. 17.) del mètode indirecte (en la qual les tessel·les s'adhereixen a motlles ja prefabricats amb adhesius a base de silicones, s'aboca el morter, i es desemmotllen un cop aquest ha curat durant 28 dies, ja llestos els mosaics per la seva aplicació en obra) i una variant més actual del mètode directe, (que barreja el mètode tradicional venecià amb el prefabricat (consultar Fig. 18.)) aquest consisteix en prefabricar les estructures sobre les quals anirà el mosaic amb formigó armat, i un cop aquestes han estat col·locades en obra i han assecat, amb

l'ajut d'un morter de fixació, es col·loquen les tesselles d'una en una, i quan es té tota la peça acabada, s'omplen les juntes entre tesselles amb un morter de rejuntat.

Una mica més tard, es comencen a crear els mosaics ja prefabricats on les tesselles van fixades a una malla (metàlica o plàstica) i només s'han de col·locar sobre el morter de fixació i si s'escau aplicar-hi un morter de juntes (depenen de si es tracta del mètode directe o indirecte), però no s'han trobat referències d'aquest tipus d'aplicació amb vidre metàl·lic daurat de Murano.

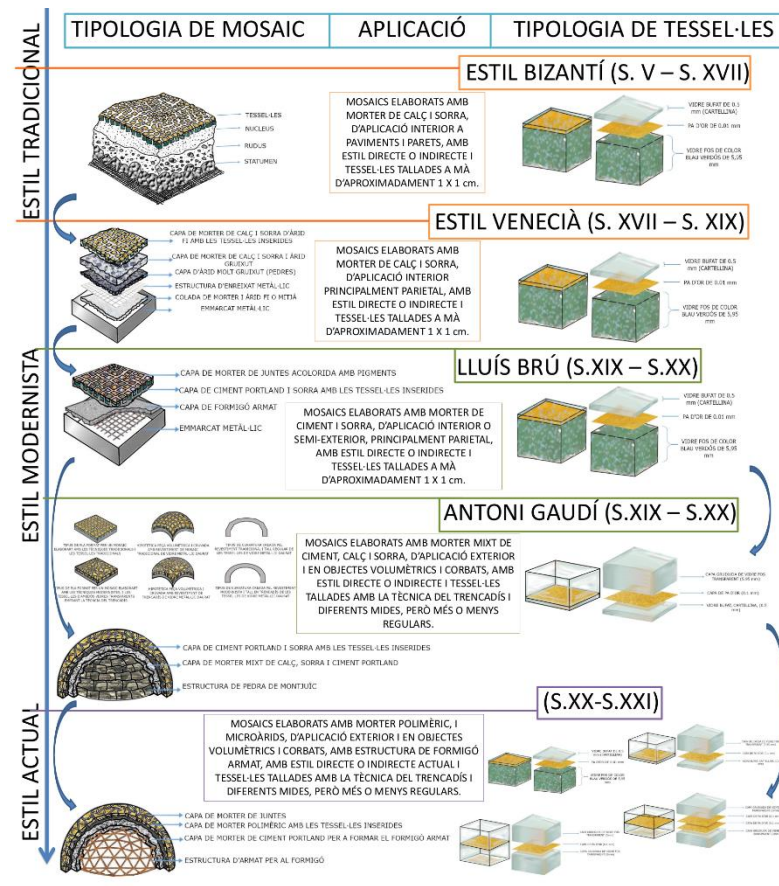


Fig. 18. Esquema sobre l'evolució històrica de les tesselles de vidre metàl·lic daurat i com l'ús que se'ls dona influeix en aquesta (elaboració pròpia).

## 5.ALTERACIONS I FACTORS DE DEGRADACIÓ

Quan ja s'ha tractat l'evolució del vidre metàl·lic daurat envers el temps i les necessitats d'aplicació de cada moment històric, és el moment de tractar com aquestes afecten el material i a la seva bona conservació. Així doncs, en aquest apartat



de l'estudi, s'aborden els possibles factors de degradació i les alteracions que aquests poden provocar en el vidre metàl·lic daurat, derivats de la seva fabricació, tècniques i morters d'aplicació, i de la reacció d'aquest envers les inclemències atmosfèriques, la biodegradació i el sol.

### 5.1.FACTORS INTRÍNSECS

En conservació i restauració de béns culturals, es consideren factors d'alteració intrínsecs d'un material o d'una obra, aquells que provenen de la mateixa naturalesa del material, de la seva manufactura, o bé de les tècniques d'aplicació d'aquest en obra, podent-se donar, per mala praxi, incompatibilitats entre materials d'una mateixa obra, o simplement perquè les tècniques així evolucionen (degradant-se) amb el pas del temps o tornant-se incompatibles entre si.

Aquests factors intrínsecs s'han de tenir en compte a l'hora de tractar les peces, ja que aporten molta informació rellevant, però, com a conservadors-restauradors, s'ha de tenir ben clar que aquests, si no es tracta d'un cas en què la conservació i/o la lectura de l'obra es veuen greument afectades, per norma general no es tracten, ja que el seu origen sol formar part de la mateixa peça o del seu procés de fabricació i la tècnica artística emprada, i el conservador-restaurador no busca mai modificar les peces o les obres que tracta, sinó que, seguint sempre el criteri de la mínima intervenció<sup>23</sup>, procura la bona estabilitat, conservació i lectura de les mateixes sense deixar-hi empremtes visibles a ull nu.

---

<sup>23</sup> El criteri de la mínima intervenció (recollit en els Criteris d'intervenció en Béns Mobles. Decàleg de la Restauració. IPCE, del 2007)) és aquell que advoca per restringir les intervencions en el patrimoni cultural a les mínimes necessàries (sempre justificant-les) i rebutja intervencions invasives o d'eliminacions innecessàries (injustificades).

IRENE GARCÍA DÍAZ

LES TESSEL·LES DE VIDRE METÀL·LIC DAURAT DE MURANO EMPRADES EN MOSAIC  
ESTUDI, CARACTERITZACIÓ, EVOLUCIÓ HISTÒRICA I CONSERVACIÓ-RESTAURACIÓ

Treball Final de Grau, Grau de Conservació-Restauració de Béns Culturals, Facultat de Belles Arts,  
Universitat de Barcelona, curs 2019/2020

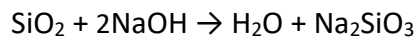


### 5.1.1.FABRICACIÓ

Durant la fabricació d'aquest material, des del punt de vista de la conservació i restauració, existeixen diversos factors a tenir en compte, ja que, tot i que escapen del control de l'artista i del conservador-restaurador, poden afectar a una bona conservació del vidre metàl·lic daurat.

El primer factor a tenir en compte és el de les proporcions i la qualitat dels materials que componen el vidre, és a dir, si les proporcions de materials per a fabricar el vidre metàl·lic daurat que hi ha a les receptes tradicionals no es segueixen (s'afegeix més quantitat de fundents, limitadors del color o d'estabilitzants, que no pas sílice) i els materials no són de la qualitat adient (contenen més impureses de les acceptables o es substitueixen per altres més barats), el vidre que en sorgeixi no serà de la qualitat més alta, tindrà moltes impureses i les seves bones propietats es veuran afectades, per tant la seva degradació serà molt més primerenca i la seva utilització en obra menys duradora. A més, depenent de les proporcions i els tipus de fundents que s'hi afegeixin, passat un temps de la fabricació es poden donar reaccions químiques indesitjades tant a la *cartellina* com en el vidre més gruixut, que afectaran l'estètica i l'estabilitat de les tesselles i, per tant, la lectura i la conservació de les obres elaborades amb aquest material. Un exemple d'aquest tipus de reacció indesitjada és la reacció àlcali-sílice, que es dona de forma habitual en morters en els quals s'hi troben altes concentracions de sílice i hidròxids de sodi i potassi. Es pot donar en el vidre metàl·lic daurat, si en la *fritta* s'han afegit quantitats molt elevades de fundent sòdic (NaOH), o de qualsevol fundent bàsic ( $\text{PH} > 7$ ), ja que aquest podria reaccionar amb la sílice d'igual manera. Aquesta reacció consisteix en una reacció àcid-base en la qual la sílice actua com a àcid feble i la sosa càustica com a base forta, donant com a producte la formació d'un gel de silicat de sodi ( $\text{Na}_2\text{SiO}_3$ ) i aigua. Aquest gel en presència d'humitat externa s'expandeix, ja que absorbeix la humitat i pot esquerdar, laminar i/o trencar les capes del vidre a causa dels canvis de volum que experimentaria i a les tensions internes que es crearien dintre del vidre. Aquest fenomen es coneix com a *crizzling* o la malaltia del vidre.

La reacció es donaria de la següent forma:



El segon punt a considerar és la temperatura de fusió del vidre, que s'ha de controlar molt bé per assegurar que tots els components fan la seva funció i el vidre es forma de la manera adequada i no queden elements sense fondre, ja que això influiria molt en les bones propietats del vidre. Dintre d'aquest punt, també s'ha de considerar el procés de refredament, que ha de ser ràpid però gradual i controlat, mitjançant el bescuit, ja que pel contrari es provocarien esquerdes i tensions molt brusques en l'estructura interna del vidre. Per tant, si el vidre es fon correctament, després s'ha de refredar molt ràpidament i introduir-lo a la cambra de bescuit fins a estovar-lo i eliminar les tensions internes produïdes pel ràpid refredament.

Un altre punt a tenir en compte és que s'ha d'utilitzar un pa d'or d'alta qualitat (18 K o 24 K), ja que aquest asseguraria una millor fabricació i conservació de les *piastrelles*, doncs, com més impureses contingui el pa d'or (major quantitat d'altres metalls poc nobles, en aliatge i menor qualitat), més elements químics podran reaccionar amb els components de les

capes de vidre que les formen, i les possibilitats de presentar alteracions molt primerenques augmentarien considerablement.

El següent punt a tenir en compte és el procés d'alleugeriment del gruix del pa d'or i la



Fig. 19. Fotografia d'empremta dactilar en el pa d'or, mostra pertanyent a la peça 153203-000, © Museu Nacional d'Art de Catalunya, Barcelona (2020) Foto: Irene García Díaz.

seva manipulació. El pa d'or necessita un bon procés d'elaboració, molt acurat i controlat, on les eines estiguin preparades per a treballar el gruix dels lingots d'or de forma uniforme i sense fer-los malbé, ja que un mal procés podria crear microarrugues i microfissures en les làmines de pa d'or, que a la llarga serien punts febles d'aquestes i afavoririen l'aparició de degradacions i alteracions. Però, el tallat, la col·locació d'aquestes en els llibrets i la manipulació de les fulles (tant en la fabricació del pa d'or, com en la col·locació d'aquestes sobre la *cartellina*) han de ser tan curosos com l'elaboració, perquè si per una casualitat els manipuladors toquen directament amb les mans el pa d'or, aquest quedarà marcat (veure Fig. 19.) amb les empremtes dactilars i el greix de les mans l'embrutarà i no es podrà netejar sense fer malbé el pa d'or, provocant d'aquesta manera que aquella zona no tingui una bona adhesió al vidre.

Un altre punt a considerar és que la unió entre la *cartellina*, el pa d'or i el vidre fos de la capa gruixuda, ha de ser el màxim d'òptima, ja que una mala unió d'aquestes provocaria que quedessin bombolles d'aire entre capes, que afavoririen desmesuradament la durabilitat del material, ja que la seva unió seria parcial i faria falta molt poc per a desprendre-les o trencar-les. Un altre punt a considerar és el tall de les *piastrelles*. Si les eines que es fan servir per a tallar-les, tenalles i cisalles, no estan ben esmolades i netes, els talls no seran completament nets i es podrien fer malbé les capes del vidre metàl·lic daurat, ja que es podrien obrir, quedar amb les vores

“mossegades” o esquerdar la *cartellina* i afectar la seva transparència. S'ha de tenir en compte que els talls del vidre mai són completament nets, ja que a causa de la seva composició i tècnica de fabricació aquest es sol



Fig. 20. Fotografia del tall d'una tessella de vidre metàl·lic daurat amb cisalla en la qual es poden apreciar les petites exfoliacions en forma de mitja lluna, mostra pertanyent a la peça 153203-000, © Museu Nacional d'Art de Catalunya, Barcelona (2020) Foto: Irene García Díaz.

IRENE GARCÍA DÍAZ

LES TESSEL·LES DE VIDRE METÀL·LIC DAURAT DE MURANO EMPRADES EN MOSAIC  
ESTUDI, CARACTERITZACIÓ, EVOLUCIÓ HISTÒRICA I CONSERVACIÓ-RESTAURACIÓ

Treball Final de Grau, Grau de Conservació-Restauroació de Béns Culturals, Facultat de Belles Arts,  
Universitat de Barcelona, curs 2019/2020

trencar formant una petita exfoliació<sup>24</sup> circular o en forma de mitja lluna, o bé deixant entreveure cràters on hi ha l'aire del bufat del vidre emmagatzemat. Però tenint en compte aquest factor, s'ha d'intentar que el tall sigui el més net i polit possible per a garantir que l'exfoliació es doni de la forma més estable possible (veure Fig. 20.) i que no afecti tota la *piastrelle*.

I l'últim punt a tractar pel que fa al procés de fabricació del vidre metàl·lic daurat, és la correcta manipulació i transport de les *piastrelles*, la qual resulta tan important com els punts anteriors, ja que si no es duu terme de forma correcta, i aquestes es transporten sense un embalatge adequat o es colpegen en alguna part del procés, molt probablement es trenquen (a causa de la seva alta rigidesa) o, si no es trenquessin, es podrien crear microfractures entre les capes del vidre metàl·lic daurat o petits cops que a la llarga serien punts febles on es donarien més fàcilment les degradacions estructurals.

### 5.1.2. TÈCNICA D'APLICACIÓ

Segons la tècnica musivària en la què s'empri el vidre metàl·lic daurat i la tècnica d'aplicació d'aquest, el vidre es tracta d'una forma o altra, es sotmet a diferents processos de tall i entra en contacte amb uns productes o altres. Aquest conjunt de circumstàncies podrien determinar algunes degradacions d'aquest material o altres, quelcom ben important a tenir en compte pel que fa a la seva bona conservació.

El primer punt a esmentar seria el tall de les *piastrelles* en tessel·les o la forma en la que es tallen, ja que com s'ha vist en el marc teòric d'aquest estudi, si s'utilitzen seguint l'estil tradicional, es tallaran creant tessel·les de forma més o menys cubica, procurant que siguin totes gairebé iguals i amb unes mesures aproximades d' 1 x 1 cm, però si s'utilitzen seguint l'estil més modernista de Gaudí es tallaran les *piastrelles* colpejant-les amb molta cura per a crear tessel·les desiguals. Per tant, cadascuna

---

<sup>24</sup> A Geologia, segons l'Enciclopèdia Catalana, l'exfoliació és la capacitat o tendència que tenen els materials cristal·lins a trencar-se amb més facilitat al llarg de plans estructurals paral·lels.

IRENE GARCÍA DÍAZ

LES TESSEL·LES DE VIDRE METÀL·LIC DAURAT DE MURANO EMPRADES EN MOSAIC  
ESTUDI, CARACTERITZACIÓ, EVOLUCIÓ HISTÒRICA I CONSERVACIÓ-RESTAURACIÓ

Treball Final de Grau, Grau de Conservació-Restaureació de Béns Culturals, Facultat de Belles Arts,  
Universitat de Barcelona, curs 2019/2020

tindrà una forma diferent, i tot i que després es poden anar escatant i trencant per aconseguir unes mides o altres (més grans o més petites), aquestes igualment solen ser ben irregulars entre si i es probable que el tall no sigui tant net com en l'estil tradicional. Aquest factor, per una banda indica que mitjançant la tècnica del trencadís i creant tesselles amb forma de polígon irregular s'afavoreix l'adhesió d'aquestes en el morter, ja que generalment tenen més cares que les cúbiques i aquestes cares, en ser tallades d'una forma menys neta i polida, presenten més rugositat, quelcom que també podria generar una millor adhesió. Però per l'altra banda aquestes mateixes característiques que afavoreixen l'adherència poden afavorir també futures degradacions, ja que les superfícies que han d'estar en contacte amb altres materials (provinents del morter o de l'exterior del mosaic) es troben més debilitades.

El segon punt a tenir en compte seria el mètode d'aplicació en mosaic, ja que durant l'evolució d'aquest al llarg de la història s'han donat dues tècniques, la directa i la indirecta amb les seves respectives variants, com serien l'estil venecià (que barreja ambdós mètodes emprant les tesselles més tradicionals) o l'estil indirecte prefabricat que s'utilitza avui dia en el temple expiatori de la Sagrada Família i que fa servir les tesselles amb la capa gruixuda de vidre cap a l'exterior (Gómez Ramió, 2015, pp.43-48) En emprar cada mètode, les tesselles es col·loquen en una posició o altra, el que fa que en l'estil directe tradicional la capa gruixuda de vidre sigui la que interacciona amb el morter, i la *cartellina* amb els elements exteriors i que en l'estil indirecte tradicional sigui la *cartellina* la que reacciona amb els adhesius i amb l'exterior. És a dir en l'estil tradicional de manera generalitzada la *cartellina* serà l'encarregada d'interactuar amb un major nombre de possibles factors d'alteració i protegir el pa d'or en vers tots aquells que provenguin de l'exterior del mosaic com ara la brutícia superficial, les neteges sistemàtiques i possibles cops, ja que en l'estil tradicional els mosaics es col·locaven en interior. La capa de vidre més gruixuda és la que ha de protegir el pa d'or i interaccionar amb factors d'alteració que provenguin de l'interior del morter, com ara possibles filtracions d'aigua per capil·laritat, que podrien desadherir les tesselles (Orozco Camargo, 2019, pp.102-136) o moviments

estructurals dels edificis o del mateix morter, que podrien trencar els mosaics i provocar la pèrdua de tessel·les. Pel que fa a l'estil indirecte prefabricat, és la *cartellina* l'encarregada d'interactuar amb el morter i protegir el pa d'or de les alteracions que puguin provenir d'aquest, mentre que la capa de vidre gruixut és la que s'encarrega d'interactuar amb els adhesius i amb els factors d'alteració externs, que, en aquest cas, contemplen els mateixos que en l'estil directe però amb la suma dels factors d'alteració atmosfèrics i climàtics.

### 5.1.3.MORTER I CAPES PREPARATÒRIES.

Des del punt de vista de la conservació i restauració també s'ha de considerar com un factor molt important la tipologia de morter que s'utilitza per a adherir les tessel·les i les capes preparatòries que conté l'estrat musivari o les estructures sobre les quals s'aplica el morter, ja que seran les responsables de mantenir l'estabilitat i la cohesió del conjunt i depenent de les seves tipologies es crearan unes interfases<sup>25</sup> o altres que reaccionaran entre elles i entre les tessel·les i podran afavorir o no les diferents accions de degradació de l'aigua i els agents externs de degradació.

Els morters de calç i sorra de l'estil tradicional bizantí s'apliquen sobre unes capes preparatòries, ja esmentades anteriorment, que també estan elaborades amb morter de calç i l'únic element que va variant és el gruix de l'àrid i la tipologia. Així doncs les interfases entre capes reaccionen de forma similar i el conjunt es comporta com a tal. En el cas de l'estil venecià en què, a part d'emprar les mateixes capes preparatòries però amb un gruix reduït, s'utilitzen també unes estructures metàl·liques que recullen el conjunt. Però aquestes en entrar en conjunt amb la humitat del morter es solen oxidar, provocant que les estructures augmentin de volum i provoquin moviments i tensions internes en el morter, que provocaran trencament i pèrdues, tot i que aquestes oxidacions no es donen d'una forma massa brusca, ja que el morter de calç perd l'aigua de pastat en carbonatar, així que per a provocar aquests trencaments faria

---

<sup>25</sup> Una interfase és la zona o l'espai comprès entre dues capes que poden estar en contacte o separades.

IRENE GARCÍA DÍAZ

LES TESSEL·LES DE VIDRE METÀL·LIC DAURAT DE MURANO EMPRADES EN MOSAIC  
ESTUDI, CARACTERITZACIÓ, EVOLUCIÓ HISTÒRICA I CONSERVACIÓ-RESTAURACIÓ

Treball Final de Grau, Grau de Conservació-Restauroció de Béns Culturals, Facultat de Belles Arts,  
Universitat de Barcelona, curs 2019/2020



falta humitat provinent de l'exterior que continués oxidant i inflant els metalls (López Martínez, 2018, pp.16-17). I pel que fa a les interaccions amb les tessel·les, no s'han trobat indicis de que el morter, una vegada carbonatat, degradi les tessel·les de vidre metàl·lic daurat.

Els morters de ciment que bàsicament s'utilitzen, tant de forma directa com indirecta, solen anar aplicats sobre una estructura base feta de ciment armat (formigó) la qual, amb el temps, presenta les mateixes degradacions que les estructures metàl·liques que empen en l'estil venecià, però amb la particularitat que el ciment no perd l'aigua de pastat sinó que la incorpora en la seva estructura i per tant les estructures metàl·liques estan en contacte constant amb aigua i d'aquesta manera s'oxiden de forma continuada fins a augmentar tant el seu volum que acaben trencant el ciment i, per tant, debilitant l'estructura musivària i produint en ella moviments i tensions. (Gómez Ramió, 2015, pp.34-43) Pel que fa a la interfase del ciment i les tessel·les, no s'han trobat estudis referents a quin tipus de reacció es podria donar, però atenent a la composició i sabent que en els morters de ciment també es donen les reaccions àlcali-sílíce, es podria pensar que en una interfase ciment-tesel·la també es podria donar, ja que les seves composicions i una humitat elevada (com la que manté el ciment) ho permetrien.

Els morters de calç, sorra i ciment que utilitza Gaudí també es col·loquen sobre una estructura de formigó armat i, per tant, aquestes estructures poden patir les mateixes degradacions que les anteriors, però en adherir les tessel·les amb el morter mixt es crea un conjunt de capes molt diferenciades, ja que aquest és més flexible que el formigó (Gómez Ramió, 2015, pp.79-80) de manera que segurament no es comportaran bé en conjunt, atès que de ben segur els seus coeficients de dilatació tèrmica lineal i els seus mòduls de Young seran molt diferents.

Els morters cola també emprats actualment en La Sagrada Família en substitució dels morters mixtes que utilitzà Gaudí en el pinacle de St. Bernabeu (Gómez Ramió, 2015, pp.42-45 ), per la seva formulació retenen molta més aigua i bombolles d'aire en el seu



interior i són molt més flexibles que els morters de ciment normals, però contenen àrids molt fins i d'alt contingut en sílice i carbonat de calci, a part dels elements habituals del ciment Portland, el que per una part fa que per tant aquests en conjunt amb els elements que retenen l'aigua, fan que aquests morters siguin molt susceptibles a degradacions per reacció àlcali-sílice. I Per l'altra en contenir àrids tan fins i tenint en compte la teoria de l'adherència mecànica<sup>26</sup> (Gómez Ramió, 2015, pp. 22-27) i la gran quantitat de bombolles que contenen, es creen superfícies massa llises i poroses. Disminuint la rugositat i, per tant, l'adherència de les tessel·les en elles i provocant desprendiments prematurs i pèrdues de material amb molta més facilitat que les altres tipologies de morters, per una part, i provocant morters molt més porosos i susceptibles a la degradació per aigua, per l'altra.

Pel que fa als morters hidrofugants, tot i que es té constància que en el mercat es venen com a morters aptes per a revestiment exterior amb mosaic i d'altres tècniques, no s'ha trobat cap referència del seu ús amb vidre metàl·lic daurat, per tant no es tracten alteracions ni factors d'alteració intrínsecs d'aquest.

## 5.2.FACTORS EXTRÍNSECS

En conservació i restauració es consideren factors de degradació extrínsecs aquells provinents d'agents de degradació externs a la naturalesa de la peça, la seva manufactura o tècnica d'aplicació en obra, és a dir, totes aquelles circumstàncies climatològiques, biològiques o humanes a les quals la peça es pugui enfrontar. Dins d'aquestes categories, els principals agents de degradació són: l'aigua (en tots els seus formats i mètodes de filtració, actuació i capacitat de reacció química amb altres elements ja presents en la naturalesa de les peces), el sol (amb la particularitat que cada tipus d'ona de llum que emet produeix uns efectes o altres), i els éssers vius (des

---

<sup>26</sup> Segons la Tesi doctoral de la Dra. Júlia Gómez Ramió, la teoria de l'adhesió mecànica és la més antiga de totes les teories d'adhesió que existeixen, i aquesta argumenta que l'adhesió es dona gràcies a que el material adhesionari (en aquest cas el morter) entra en les porositats del material adherent (en aquest cas les tessel·les, i en endurir es crea una unió mecànica, però com aquestes són bastant llises i l'única porositat que poden presentar es la que es crea en tallar-les, el morter ha de presentar certa rugositat per assegurar un bon ancoratge mecànic, ja que sinó la tessel·la en ser tan llisa, lliscaria del morter.

IRENE GARCÍA DÍAZ

LES TESSEL·LES DE VIDRE METÀL·LIC DAURAT DE MURANO EMPRADES EN MOSAIC  
ESTUDI, CARACTERITZACIÓ, EVOLUCIÓ HISTÒRICA I CONSERVACIÓ-RESTAURACIÓ

Treball Final de Grau, Grau de Conservació-Restauració de Béns Culturals, Facultat de Belles Arts,  
Universitat de Barcelona, curs 2019/2020

dels més microscòpics i simples, passant pels animals fins a arribar als éssers humans). El coneixement d'aquests factors d'alteració i les degradacions que provoquen permet al conservador-restaurador elaborar un bon diagnòstic de la peça, així com una bona futura proposta d'intervenció i unes bones directrius de conservació i conservació preventiva<sup>27</sup>.

### 5.2.1.EL SOL

El Sol és la font més gran de radiació electromagnètica del sistema solar, i per tant, la major font de llum i energia que sustenta la Terra. La seva llum (a simple vista blanca) és un conjunt de diferents espectres electromagnètics (de diferents colors i longituds d'ona<sup>28</sup>), que es poden dividir en espectre visible i espectre no visible (per l'ull humà) (veure Fig. 21.). L'espectre visible de la llum és aquell que normalment es percep com a llum blanca però que es pot observar quan aquesta és refractada per algun medi com l'aigua o un prisma i es descompon en totes les tipologies de llum que el formen (violeta, blau, cian, verd, groc, taronja i vermell), i que corresponen a unes longituds d'ona d'entre 380-780 nm. Mentre que l'espectre no visible és aquell que contempla les longituds d'ona inferiors a 380 nm (com la llum ultraviolada) i les longituds d'ona superiors a 780 nm (com la llum infraroja). Dintre de l'espectre no visible, aquestes dues últimes presenten les radiacions<sup>29</sup> d'un potencial de degradació major, pel fet que les seves característiques (longitud d'ona, freqüència, període d'oscil·lació i velocitat d'oscil·lació) fan que la seva forma d'interactuar amb la matèria produeixi uns efectes o altres en els seus àtoms i l'energia d'aquests.

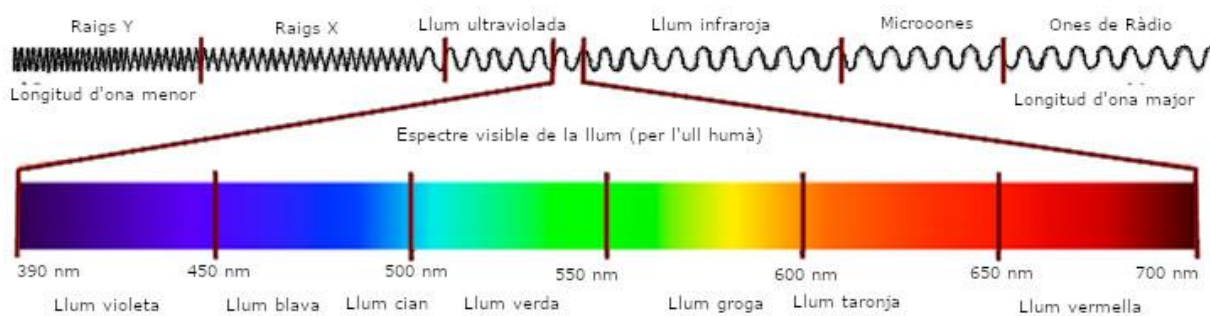


Fig. 21. Esquema sobre l'espectre electromagnètic de la llum (elaboració pròpia).

#### 5.2.1.1. INCIDÈNCIA RAIGS UV I IR

Tot i que quan la llum incideix en una superfície o es propaga per un medi, en aquest hi incideixen ones de tot l'ample de l'espectre electromagnètic, les principals causants de degradació en béns culturals o patrimonials solen ser les de l'espectre no visible, tot i que cal aclarir que les de l'espectre visible també poden resultar perjudicials i que moltes de les ones de l'espectre no visible s'empren actualment de forma controlada amb finalitats de tota mena, ja siguin les microones i les ones de ràdio a la vida quotidiana, o els raigs x i els raigs gamma i les radiacions ultraviolades i les infraroges en ciència i medicina.

La radiació ultraviolada, a causa de la seva elevada freqüència i curta longitud d'ona, presenta una gran quantitat de radiació d'energia, ja que es propaga més ràpidament, el que provoca que els àtoms i els electrons de la matèria assoleixin un estat d'excitació i, per tant, un major estat energètic del que tenien inicialment, provocant que els enllaços químics que aquests tenen es trenquin i/o reaccionin d'altra manera i, per tant, finalment modificant la matèria i ionitzant-la<sup>30</sup>.

La radiació infraroja, per la seva part, no presenta una gran quantitat d'energia, ja que la seva longitud d'ona és més elevada i la seva freqüència més petita que la de la llum ultraviolada i, per tant, es propaga més lentament. Aquesta, però, no trenca enllaços entre molècules ni té capacitat ionitzant, però en entrar en contacte amb els àtoms i electrons de la matèria és capaç de fer vibrar els enllaços químics d'aquests i produir un increment de la seva temperatura i, per tant, calor.

---

<sup>30</sup>La ionització consisteix en canviar la càrrega d'un àtom o un electró per la falta o l'excés dels mateixos, passant a formar anions (ions de càrrega negativa per excés d'electrons) o cations (ions de càrrega positiva per falta d'electrons).

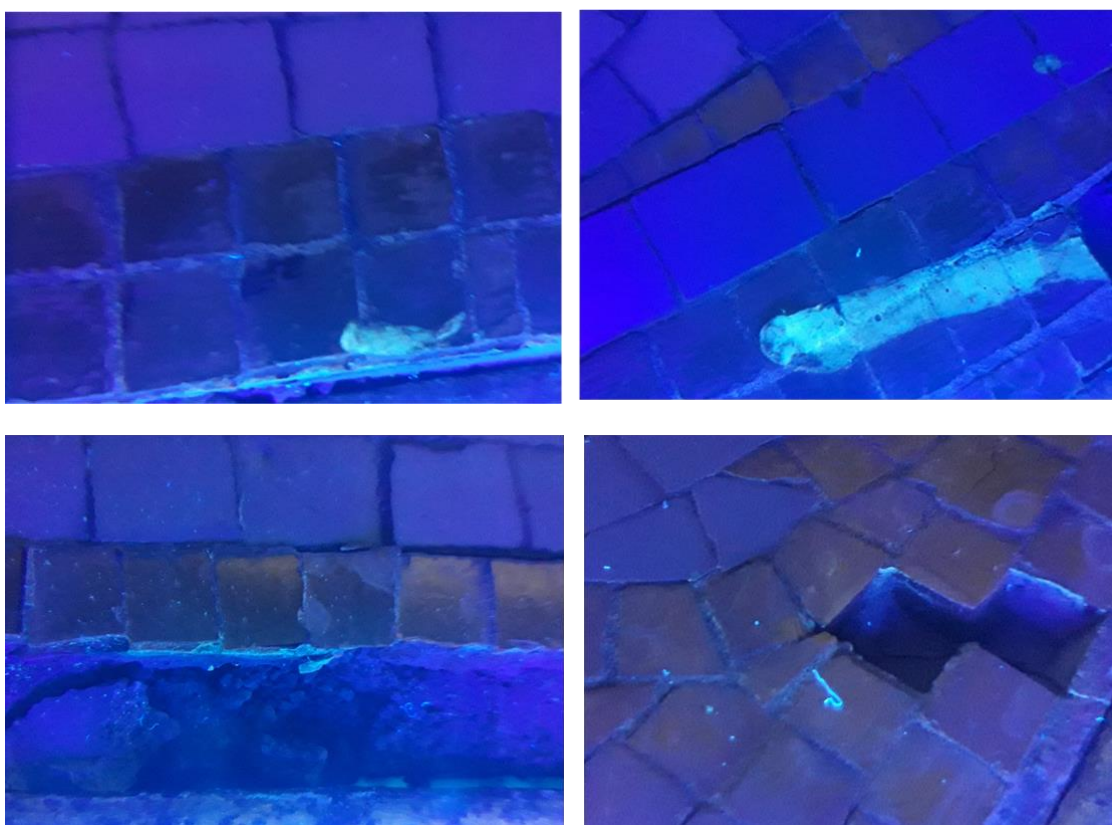
IRENE GARCÍA DÍAZ

LES TESSEL·LES DE VIDRE METÀL·LIC DAURAT DE MURANO EMPRADES EN MOSAIC  
ESTUDI, CARACTERITZACIÓ, EVOLUCIÓ HISTÒRICA I CONSERVACIÓ-RESTAURACIÓ

Treball Final de Grau, Grau de Conservació-Restauroció de Béns Culturals, Facultat de Belles Arts,  
Universitat de Barcelona, curs 2019/2020

Així doncs, l'exposició prolongada de la matèria a radiació ultraviolada (UV), provoca que aquesta s'ionitzi (entre altres efectes nocius per a la matèria i els éssers vius<sup>31</sup>) i l'exposició a radiació infraroja (IR) provoca canvis en la temperatura d'aquesta.

No obstant això, no s'ha trobat cap estudi on es tracti quins efectes tindria l'exposició prolongada a radiació UV del vidre metàl·lic daurat, però atenent a les capacitats d'aquesta, és probable que a llarg termini produeixi canvis en l'estat, el color o la transparència de la matèria. Per altra banda, aquesta és útil per a observar el vidre metàl·lic daurat i esbrinar si hi queden restes de materials que puguin aportar informació sobre el seu mètode d'aplicació en obra o sobre les composicions dels estrats musivaris, ja que així es va poder fer en les pràctiques dutes a terme en el MNAC amb la peça 153203-000 (veure Fig. 22.)



*Fig. 22. Fotografies on s'aprecien fluorescències verdoses, sobre les tesselles (imatges superiors) i entre aquestes i el morter (imatges inferiors), en apreciar la peça 153203-000, © Museu Nacional d'Art de Catalunya, Barcelona (2020) Foto: Irene García Díaz.*

<sup>31</sup> La radiació UV comporta danys genètics en els éssers vius i fins i tot en algun dels seus rangs (A,B,C) s'empra per a esterilitzar i impedir el creixement i desenvolupament de certes formes de vida microscòpiques, tot i que també es pot aconseguir un efecte semblant si s'emet una radiació IR que permeti a la matèria arribar a una temperatura superior a 60 °C.

IRENE GARCÍA DÍAZ

LES TESSEL·LES DE VIDRE METÀL·LIC DAURAT DE MURANO EMPRADES EN MOSAIC  
ESTUDI, CARACTERITZACIÓ, EVOLUCIÓ HISTÒRICA I CONSERVACIÓ-RESTAURACIÓ

Treball Final de Grau, Grau de Conservació-Restaureació de Béns Culturals, Facultat de Belles Arts,  
Universitat de Barcelona, curs 2019/2020

Els efectes de la radiació IR no presenten un perill tan elevat en si mateixos (per augmentar la temperatura dels materials) sinó que el veritable factor d'alteració que produeixen és que, en tant que aquesta exposició a la radiació IR no és prolongada ni constant (ja que la llum no incideix de la mateixa manera durant les 24 h del dia, sinó que la seva intensitat i distància és variable durant el dia i en el cas d'obres d'interior les llums amb les quals s'il·luminen tampoc solen ser constants ni de baixes radiacions IR), es van produint variacions i increments de la temperatura dels materials, al llarg del temps i de forma més o menys brusca i cíclica. Aquesta variació tèrmica és la que veritablement representa un gran factor de degradació en els materials, ja que provoca canvis constants i bruscos en la vibració dels enllaços de la matèria, fet que pot conduir al seu trencament, ja que els materials no sempre són capaços d'adaptar-se a aquesta mena de variacions tan brusques i prolongades en el temps.

#### **5.2.1.2.INCREMENTS I VARIACIONS DE TEMPERATURA**

El vidre metàl·lic daurat, a causa del baix coeficient de dilatació tèrmica lineal del vidre i la seva baixa conductivitat tèrmica vers les mateixes qualitats de l'or, és un bon candidat a patir degradacions per variació de temperatura, ja que en la seva composició s'uneixen dos materials que reaccionen de forma molt diferent enfront de la calor (com ja s'ha vist en la taula en què es comparen les característiques d'ambdós components principals del vidre metàl·lic daurat). En conseqüència doncs, és un material susceptible de patir fortes tensions i ruptures per xoc tèrmic<sup>32</sup>, ja que l'or, dintre de les capes de vidre, presentarà canvis de forma i volum degut a les dilatacions i contraccions derivades de les variacions de temperatura, que el vidre serà incapaç de seguir.

Per tal d'apreciar quin és el comportament del vidre metàl·lic daurat envers el xoc tèrmic, s'empraran els resultats obtinguts en proves d'envelliment accelerat<sup>33</sup> de xoc

---

<sup>32</sup> Canvis dràstics de temperatura que solen generar trencaments i tensions internes molt grans en els materials.

<sup>33</sup> Les proves d'envelliment accelerat, ajuden a tenir una idea de com envellirà un material en concret en vers els factors més habituals de degradació passats els anys, però en un curt període de temps.

IRENE GARCÍA DÍAZ

LES TESSEL·LES DE VIDRE METÀL·LIC DAURAT DE MURANO EMPRADES EN MOSAIC  
ESTUDI, CARACTERITZACIÓ, EVOLUCIÓ HISTÒRICA I CONSERVACIÓ-RESTAURACIÓ

Treball Final de Grau, Grau de Conservació-Restauroació de Béns Culturals, Facultat de Belles Arts,  
Universitat de Barcelona, curs 2019/2020

tèrmic, elaborades en la Tesi Doctoral de la Dra. Julia Gómez Ramió i en el Treball Final de Màster d'Hèctor Yuldor Orozco Camargo. Les provetes de la Tesi Doctoral, s'elaboren amb vidre metàl·lic daurat d'Orsoni® col·locades amb la *cartellina* en l'interior del morter i la cara gruixuda cap a l'exterior, un morter cola d'àrid molt fi (microformigó) i emprant el mètode indirecte, ja que actualment en La Sagrada Família és gairebé l'únic mètode o estil que s'empra per a fer el trencadís amb vidre metàl·lic daurat (tot i que algunes parts es retoquen o s'acaben amb el mètode directe actual a peu d'obra). Les provetes del Treball Final de Màster s'elaboren amb vidre metàl·lic daurat d'Orsoni®, col·locat amb la cara gruixuda cap a l'exterior, però també vidre metàl·lic daurat de Vidalglass® i Ariplak® amb morter similar al de les provetes de la Tesi Doctoral i amb la particularitat que s'elaboren provetes amb el mètode directe (actual) i amb l'indirecte (actual). Totes les provetes s'han elaborat aplicant les instruccions dels fabricants de morter, que diuen que escau que aquestes curin el morter durant 28 dies. (Orozco Camargo, 2019, pp.102-136) (Gómez Ramió, 2015, pp.151-165)

Ambdós assaigs de xoc tèrmic sotmeten les provetes a 80 cicles de 48 h en els quals, les primeres 24 h del cicle, les provetes s'introdueixen en una cambra climàtica a  $70 \pm 5$  °C i després ràpidament són introduïdes en una altra cambra climàtica a una temperatura de  $-15 \pm 5$  °C durant 24 h.

Els resultats obtinguts en ambdós assaigs mostren que en el pa d'or s'incrementa l'aparició de microfissuracions i arrugues (a causa dels moviments) que provoquen canvis en la coloració (semblen taques) d'aquest, ja que reflecteix la llum de forma diferent, que la transparència del vidre es redueix considerablement i hi apareixien fissuracions i descamacions, i que els morters de fixació i rejuntat es fissuren també. Això mostra que les peces musivàries pateixen grans tensions internes en ser sotmeses a xoc tèrmic.

És interessant esmentar que, dels tres proveïdors de vidre, el que millor resisteix les proves de xoc tèrmic és el de fabricació tradicional de Murano (Orsoni), tant en el

mètode directe com en l'indirecte, però en el mètode directe l'estrat musivari pateix menys degradacions i el vidre es fissura menys.

### 5.2.2.AIGUA

L'aigua, formada per hidrogen i oxigen ( $H_2O$ ), és un dels compostos químics més comuns a la Terra i forma part del dia a dia en aquesta, ja sigui en forma de pluja, d'elevada humitat, en el mar, o en forma de gel i totes les seves varietats associades a fenòmens atmosfèrics. És coneguda també per les seves propietats físiques i químiques i sobretot perquè es considera dissolvent universal, donada la seva capacitat per a dissoldre diverses tipologies d'elements i reaccionar químicament i físicament amb multitud de compostos i elements. Per aquest motiu l'aigua no sol ser purament hidrogen i oxigen, sinó que en la majoria d'ocasions duu altres elements en dissolució o barrejats, com ara sals minerals, gasos, petites partícules en suspensió.

Per tant, les obres musivàries amb vidre metàl·lic daurat s'exposen constantment (sigui en interior o exterior) a l'acció de l'aigua, la qual juga un paper ben important en la conservació d'aquestes i és un dels majors factors de degradació en béns culturals, donades les seves característiques, perquè és capaç de reaccionar de diverses maneres amb els components dels béns culturals a causa del seu caràcter amfòter<sup>34</sup>. I precisament a causa d'això l'aigua és capaç d'accedir als béns culturals de diverses formes i d'escolar-se en ells seguint diferents camins. Aquesta pot caure sobre l'estrat musivari en forma de pluja i filtrar-se en el seu interior, a causa de la porositat dels materials del morter, pot filtrar-se des de l'exterior de les estructures en les quals van col·locats els mosaics fins a l'interior d'aquests i quedar-se allà retinguda, i, si es tracta de mosaics parietals o bé de paviments, aquesta (acumulada en el terra normalment)

---

<sup>34</sup> Capacitat d'una substància química per a actuar en una reacció com a àcid o com a base, depenent dels elements en reacció i les circumstàncies concretes de reacció.



pot filtrar-se per capil·laritat<sup>35</sup> i pujar per les parets o pels estrats del paviment fins a les peces musivàries. En totes les seves formes d'escolament, l'aigua va reaccionant amb elements al seu pas i dissolvent-ne alguns, a part d'anar propiciant substrats idonis per al creixement de plantes, algues, fongs i líquens.

#### 5.2.2.1.FILTRACIONS I DESGAST

L'aigua, en filtrar-se en els mosaics de vidre metàl·lic daurat, pot produir diferents alteracions, sobretot depenent del tipus de morter i l'estil d'aplicació de les tessel·les en el mosaic, però també de les condicions climàtiques i la zona en què es trobi, ja que, si es prenen dos exemples extrems, en un clima d'elevada humitat i calor en una zona costanera a la vora del mar, no es produiran les mateixes alteracions per efecte de l'aigua que en una zona de clima sec i fred d'alta muntanya, tot i que existeixen diversos climes i cadascun té les seves particularitats. Si és ben cert que en ambdós es produiran cicles de mullat-sec en les peces (sobretot si són d'exterior, ja que en interior seria més difícil aconseguir una gran sequedat o evaporació de l'aigua i aquesta s'acumularia més fàcilment), aquests cicles de mullat-sec, poden produir uns efectes o altres. Per exemple, en el primer clima (calorós i humit vora el mar) seria ben probable que l'aigua es filtrés en els mosaics, dissolvent o lixiviant<sup>36</sup> part dels seus components i provocant reaccions en el seu interior que s'aturarien en assecar i evaporar l'aigua, i continuarien quan l'aigua tornés a estar present (en el següent cicle). En el segon clima, però (sec, fred i d'alta muntanya), l'aigua que es filtrés en els mosaics, és probable que no acabés d'assecar o evaporar, ja que necessitaria més

---

<sup>35</sup> Segons l'Enciclopèdia Catalana: capil·laritat (FÍSICA): "Cadascun dels fenòmens consistents a deixar d'ésser horitzontal la superfície lliure d'un líquid en contacte amb una paret sòlida, i en la formació de meniscs i ascens o descens d'un líquid en un tub capil·lar (lleï de Jurin), causats per la dissimetria de les forces intermoleculars existents a la frontera del líquid (tensió superficial)." És a dir que l'aigua en tenir una tensió superficial baixa, és capaç de pujar per tubs capil·lars (tubs molt estrets de secció circular que condueixen fluids), per que la unió d'aquesta al tub crea molta menys tensió que la seva pròpia, i això li permet ascendir per sòls i parets aprofitant les seves estructures. Si es tractés d'un element amb una alta tensió superficial, aquest, pel mateix raonament, en comptes de pujar pel tub capil·lar, baixaria.

<sup>36</sup> La lixiviació consisteix en solubilitzar elements solubles d'un sòlid per l'acció d'un líquid, separant-los del conjunt i deixant el sòlid amb un únic contingut d'elements insolubles.

IRENE GARCÍA DÍAZ

LES TESSEL·LES DE VIDRE METÀL·LIC DAURAT DE MURANO EMPRADES EN MOSAIC  
ESTUDI, CARACTERITZACIÓ, EVOLUCIÓ HISTÒRICA I CONSERVACIÓ-RESTAURACIÓ

Treball Final de Grau, Grau de Conservació-Restauroació de Béns Culturals, Facultat de Belles Arts,  
Universitat de Barcelona, curs 2019/2020

temps que en l'altra clima i, per tant, existeixen més probabilitats que aquesta romanguí dins dels estrats del mosaic i que, en baixar les temperatures, aquesta es glaci i produeixi capes de gel entre els estrats del mosaic, que es desglaçarien en pujar la temperatura però probablement restant encara dintre dels estrats fins a la pròxima baixada de temperatures o evaporant molt poca quantitat en comparació a la que hi resta.

Aquests cicles de mullat-sec i de gel-desgel, tenint en compte les metodologies d'elaboració de mosaic amb vidre metàl·lic daurat, poden produir diferents efectes:

- Si es tracta d'un mosaic d'estil tradicional bizantí, elaborat amb morter de calç i sorra, és ben probable que l'aigua no dissolgui massa elements del morter, ja que un cop aquest ha carbonatat, forma  $\text{CaCO}_3$  (carbonat de calci) i aquest és insoluble en aigua, però sí pot dissoldre o lixiviar elements solubles de les tesselles (com el plom o lleugerament la sílice, ja que, tot i que en les seves fórmules elementals resten insolubles, en el vidre formen compostos solubles o lleugerament solubles en aigua), inflar capes de l'estrat o provocar moviments en elles, ja que els morters solen ser porosos i els elements que l'aigua sol dur en suspensió o dissolució, es poden filtrar, cristal·litzar o acumular en forma concrecions entre capes o de forma superficial, influint en l'estètica i la lectura de les peces, i com ja s'ha mencionat abans, depenent del clima es poden crear cicles de gel-desgel que també produirien moviments i segurament desprendiments de material o pèrdues.
- Si es tracta d'un mosaic d'estil tradicional venecià, es poden donar totes les alteracions mencionades en l'estil bizantí, amb l'afegit que el venecià utilitza una malla metàl·lica i elements metàl·lics per a crear mosaics més primers i fàcils de transportar, i aquests elements metàl·lics amb l'acció de l'aigua s'oxiden i s'inflen provocant tensions i moviments en l'estratigrafia musivària que posteriorment conclouran en deformacions i trencaments.
- Si es tracta d'un mosaic d'estil modernista de Brú, es poden donar totes les alteracions mencionades en l'estil venecià (ja que va ser la seva major font

d'inspiració i aprenentatge), però amb l'afegit que s'utilitzen morters de ciment i morters de junta, els quals presenten major sensibilitat a l'efecte de l'aigua que els morters de calç i creen un estrat musivari amb més interfases diferents i més espais pels quals es pot escolar i filtrar l'aigua, i per tant, més espais entre capes que són susceptibles als danys causat per l'acció de l'aigua. Els morters de ciment són més sensibles a l'acció de l'aigua perquè, a part de l'aigua que contenen en el seu interior, en rebre humitat exterior, es poden afavorir reaccions àlcali-sílice (ja explicades anteriorment), o reaccions d'atac per sulfats, les quals s'explicaran més endavant i es poden donar per l'acció de l'aigua en l'interior del morter o en l'exterior, per l'acció d'aquesta des de l'exterior. Si les proporcions del morter no són les adequades i aquest conté elevades quantitats d'aigua de pastat, es crea un morter molt porós que encara serà més sensible. Totes aquestes debilitats del morter podran afavorir l'acumulació d'aigua en l'interior dels mosaics i el despreniment i la pèrdua de les tesselles de vidre metàl·lic daurat, així com el seu trencament (total, parcial o per capes) a causa de les tensions internes generades (LAPUENTE ARAGÓ, 2014, pp.1-47).

- Si es tracta d'un mosaic elaborat amb l'estil modernista de Gaudí, i emprant la tècnica del trencadís (com en el pinacle de St. Bernabeu) aquest pot presentar les degradacions de l'estil venecià i les de l'estil modernista de Brú, ja que en la Sagrada Família es solien aplicar els mosaics sobre estructures de formigó armat i els morters eren mixtes (actualment la metodologia ha canviat, (Gómez Ramió, 2015, pp.43-48)) el que implica que les estructures metàl·liques del formigó armat es poden oxidar i inflar les estructures, mentre que els morters es podran trencar per la diferència de tensions entre capes i es poden seguir donant les reaccions àlcali-sílice tant en el vidre de les tesselles com en el morter, i és possible que en la interfase morter-tessella.
- Si es tracta d'un mosaic d'estil modernista actual (com els que s'elaboren avui dia en els pinacles de la Sagrada Família) aquests en la seva gran majoria s'elaboren utilitzant el mètode indirecte actual (tot i que algunes zones es fan

amb el directe actual) en el qual les tesselles de vidre metàl·lic daurat, s'adhereixen als motlles on s'elaborarà el mosaic, amb un adhesiu a base de silicones per la cara que anirà a l'exterior (la més gruixuda) i després s'aboca el morter cola en el motlle i se li aplica vibració per evitar la formació en excés de bombolles (les quals, per formulació del morter, es creen debilitant-lo i fent-lo més porós). Per últim es desemmotllen i, amb un morter de fixació, s'adhereixen a l'estructura (de formigó armat) pertinent i es netegen els adhesius. Si es tracta de la mateixa tipologia de mosaic però amb el mètode directe actual, les tesselles s'adhereixen de forma manual a l'estructura amb un morter de fixació i després se'ls hi aplica un morter de juntes i es neteja la superfície de les tesselles amb un drap humit. Per tant, en l'estil més actual d'elaboració de mosaics amb vidre metàl·lic daurat, s'utilitzen morters polimèrics (morters cola) i es creen moltes més capes en l'estrat musivari, les quals, si no estan ben unides, són més susceptibles a l'acció de l'aigua, i com les capes són diferents, és d'esperar que la seva forma de comportar-se envers les reaccions, tensions i forces que pot crear l'aigua en el seu interior siguin diferents, el que provoca conjunts més febles i amb major incompatibilitats entre si. Els morters cola contenen elements que s'inflen o creen films en entrar en contacte amb aigua per afavorir la humectació del ciment Portland quan aquest s'està pastant i que retarden el seu assecatge alhora que afavoreixen la retenció de l'aigua de pastat. Per tant amb el seu alt contingut d'aigua i l'absorció potencial d'aigua exterior que presenten en ser porosos (per la creació de bombolles en el seu interior) els fan grans candidats a patir degradacions per l'acció de l'aigua, ja que si n'absorbeixen, els elements que s'inflen, encara s'expandiran més, el que podria provocar novament tensions estructurals i trencaments en el morter, que derivarien en fissuracions en les tesselles per diferència de tensions, i/o pèrdues de les mateixes per pèrdua d'adhesió a causa dels moviments i als microàrids del morter. (Gómez Ramió, 2015, pp.24-27)

Per tal d'obtenir conclusions al voltant de les degradacions que provoca l'aigua sobre els mosaics de tesselles metàl·liques daurades, es tracten les degradacions presentades en obres d'estil bizantí, d'estil venecià, d'estil modernista de Bru i de Gaudí, i en provetes d'estil modernista actual sotmeses a proves d'envelliment de mullat-sec i de gel-desgel, provinents de les mateixes fonts que les proves de xoc tèrmic de l'apartat anterior.

Les obres d'estil bizantí a tractar són les voltes del Mausoleu de la Gala Placidia (S.V) de Ravenna, Itàlia (veure Fig. 22.). I també els mosaics de la Basílica de Santa Sofia d'Istanbul (veure Fig. 23.). Els mosaics de Ravenna es



Fig. 22. Situació geogràfica del Mausoleu de la Gala Placidia, captura de pantalla extreta de Google Maps.

troben en bastant bon estat de conservació i les tesselles daurades sembla que conserven prou bé les seves propietats, ja que es tracta d'un mausoleu que, tot i restar a prop del mar, actualment degut a la seva arquitectura no hi entra massa llum ni humitat i aquests es troben ben protegits. Les tesselles de vidre metàl·lic daurat de Santa Sofia (Basílica que ha sofert actes vandàlics i terratrèmols), en canvi, presenten una *cartellina* opaca amb les làmines d'or fracturades, degut a l'aigua del mar i la humitat que genera, però, tanmateix, mantenen una bona adhesió al morter. (López Martínez, 2018, pp.13-15)

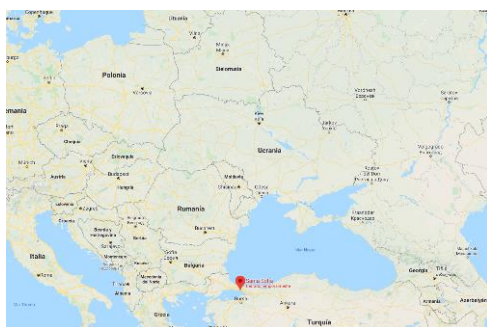


Fig. 23. Situació geogràfica de la Basílica de Santa Sofia, captura de pantalla extreta de Google Maps.



Fig. 24. Situació geogràfica de l'Església de St. Tomàs de Canterbury, captura de pantalla extreta de Google Maps.

Les obres d'estil venecià a tractar són la Capella de St. Jordi a Woolwich, Anglaterra, els mosaics de l'Església de St. Tomàs de Canterbury a Enfield, Anglaterra (veure Fig. 24.), els de l'Abadia de Westminster de Londres, també a Anglaterra i els mosaics de la Basílica de St. Marcos de Venècia, Itàlia. El mosaic de la de St. Jordi a Woolwich (veure Fig. 25.) data de 1870 i

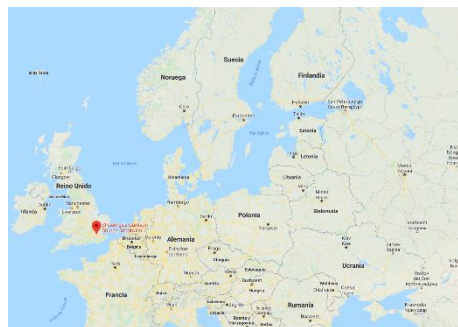


Fig. 25. Situació geogràfica la Capella de St. Jordi a Woolwich, captura de pantalla extreta de Google Maps.

la capella va patir un bombardeig a la Segona Guerra Mundial, que va deixar els mosaics al descobert. Actualment han patit degradacions per l'acció de l'aigua que han anat afeblint el morter i fent que perdés adhesió i hi creixessin plantes, provocant la caiguda i pèrdua de moltes tesselles de vidre metàl·lic daurat i la degradació de les que en restaven adherides encara. L'església de St. Tomàs de Canterbury presentava, en el seu mosaic venecià, una gran corrosió i dilatació en la malla metàl·lica que el sosté que la deformaven provocant trencaments i desprendiments en el morter (pel fet que l'aigua es filtrava per capil·laritat) i que alhora que va provocar l'esbombament (d'uns 75 mm) de l'estrat musivari. Però, sorprenentment, les tesselles metàl·liques daurades es conservaven en bon estat i sense perdre transparència ni coloració. Els mosaics de l'Abadia de Westminster, (veure Fig. 26.) en canvi, en trobar-se ben aïllats de la pluja, la humitat i les filtracions, no han patit cap degradació i es conserven en bon estat, només requereixen neteja superficial de tant en tant. La Basílica de St. Marcos de Venècia, (veure Fig. 27)

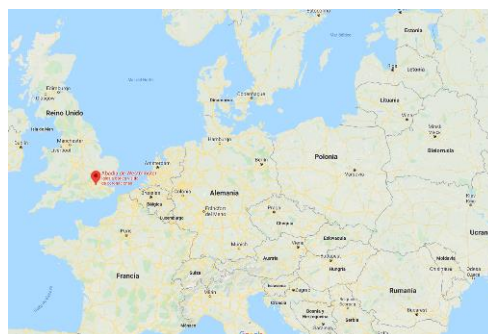


Fig. 26. Situació geogràfica dels mosaics de l'Abadia de Westminster, captura de pantalla extreta de Google Maps.



Fig. 27. Situació geogràfica la Basílica de St. Marcos, captura de pantalla extreta de Google Maps.



originalment tenia mosaics de l'època bizantina, però els que hi resten actualment formen part d'una intervenció de l'empresa Salviati i, per tant, en la seva majoria són de l'estil venecià. Aquests mosaics presentaven pèrdues de les tesselles de vidre metàl·lic daurat, a causa que l'aigua del mar es filtrava per capil·laritat i s'emmagatzemava en les estructures parietals, amb la posterior cristallització de sals la qual provoca que caiguin el morter i les tesselles donant lloc a pèrdues en l'estrat musivari que el debiliten i dificulten la seva lectura estètica. Tot i això, la *cartellina* de les tesselles que no han caigut, es manté transparent però presenta algunes fractures. (LÓPEZ MARTÍNEZ, 2018, pp.15-17)

Les obres d'estil modernista de Brú serien els mosaics de L'Hospital de la Santa Creu i Sant Pau de Barcelona, Catalunya (veure Fig. 28.) (Llobet Font et al. 2014, pp. 173-179) i el mosaic del St. Jordi de Brú i Triadó que va guanyar una medalla de primera classe a l'Exposició Internacional de Barcelona de 1911



Fig. 28. Situació geogràfica L'Hospital de la Santa Creu i Sant Pau de Barcelona, captura de pantalla extreta de Google Maps.

(veure Fig. 29. i Fig. 30.). Les tesselles metàl·liques daurades dels mosaics de L'Hospital de la Santa Creu i Sant Pau de Barcelona presenten descamació de les seves *cartellines* a causa de la lixiviació d'elements solubles del vidre (com el plom), per la circulació superficial d'aigua i la seva escorrentia a través dels mosaics quan plou, aquesta mateixa també ha provocat infiltracions d'aigua que han acabat separant els morters de les estructures, la cristallització de sals (es tractarà més endavant) i provocant



Fig. 29. Imatge de la peça 153203-000, El St. Jordi de Brú i Triadó, © Museu Nacional d'Art de Catalunya, Barcelona (2020). Foto: Irene García Díaz.

IRENE GARCÍA DÍAZ

LES TESSEL·LES DE VIDRE METÀL·LIC DAURAT DE MURANO EMPRADES EN MOSAIC  
ESTUDI, CARACTERITZACIÓ, EVOLUCIÓ HISTÒRICA I CONSERVACIÓ-RESTAURACIÓ

Treball Final de Grau, Grau de Conservació-Restauroció de Béns Culturals, Facultat de Belles Arts,  
Universitat de Barcelona, curs 2019/2020



la pèrdua de material mosaic.

El mosaic del St. Jordi de Brú i Triadó, presenta una severa descamació i fissuració en les tesselles de vidre metàl·lic daurat però, com que aquesta peça mai ha estat col·locada enlloc, sinó que des de l'exposició va passar gairebé 100 anys en la reserva del MNAC,

aquestes degradacions fan pensar que són fruit d'una severa incompatibilitat de les tesselles amb el morter de ciment Portland® i

la gran humitat que aquest conté en el seu interior, la qual pot haver afavorit una forta reacció àlcali-sílice en la interfase morter-tesselles i entre les capes del vidre (si aquest conté més àlcalis dels que és recomanable).

Les obres d'estil modernista de Gaudí són els pinacles de la Sagrada Família, a Barcelona (veure Fig. 31.). Tot i que l'arquitecte només va veure acabat el Pinnacle de St. Bernabeu, tots els de la façana de la

Nativitat tenen, més o menys, la mateixa edat i es van elaborar seguint les directrius que Gaudí havia donat per al primer pinacle emprant pedra local i formigó armat, per a les estructures, i morter mixt per als mosaics,

aquesta etapa va durar des de 1915 fins a 1930. Després hi va haver una segona etapa,

en la que els pinacles de la façana de la Passió van canviar el sistema i només utilitzaven estructures de formigó i formigó armat i morter de formigó per als mosaics (1952-1978) i, finalment, una tercera etapa (1985 – 2014) en la qual es van elaborar les façanes laterals que va canviar totalment els materials dels morters (cal destacar que el vidre metàl·lic daurat segueix provenint de Murano, concretament del forn Orsoni,



Fig. 30. Imatge de la peça 153203-000 en conjunt amb el projecte sencer presentat durant la "VI Exposición Internacional de Arte" de Barcelona de 1911. © Museu Nacional d'Art de Catalunya, Barcelona (1911) Foto: autoria desconeguda.



Fig. 31. Situació geogràfica la Sagrada Família, captura de pantalla estreta de Google Maps.

IRENE GARCÍA DÍAZ

LES TESSEL·LES DE VIDRE METÀL·LIC DAURAT DE MURANO EMPRADES EN MOSAIC  
ESTUDI, CARACTERITZACIÓ, EVOLUCIÓ HISTÒRICA I CONSERVACIÓ-RESTAURACIÓ

Treball Final de Grau, Grau de Conservació-Restauroació de Béns Culturals, Facultat de Belles Arts,  
Universitat de Barcelona, curs 2019/2020

igual que en la primera etapa), ja que es van començar a emprar morters cola, d'àrids molt fins (microformigons) sobre el formigó armat. (López Martínez, 2018, pp.23-25) (Gómez Ramió, 2015, pp.43-48). La construcció per etapes dels pinacles de les diferents façanes ha mostrat que existeixen problemàtiques de conservació en els pinacles de construcció més recent (façanes laterals i Façana de la Passió), ja que aquests, a diferència dels de la façana de la Nativitat, presenten moltes més pèrdues de tessel·les i d'adhesió del morter, la qual cosa fa pensar que realment l'acció de l'aigua en els pinacles de la Sagrada Família ha resultat molt menys perjudicial per als pinacles més antics que per als nous, a causa del seu sistema de construcció i d'aplicació del mosaic, ja que els vells només presenten les deformacions i problemàtiques derivades de l'acció de l'aigua en les estructures metàl·liques del formigó armat, però no danys severs en les tessel·les de vidre metàl·lic daurat, tot i que algunes presentaven exfoliació superficial. I els de construcció més recent mostren moltes més pèrdues, despreniment i degradacions en els morters i en les tessel·les per acció de l'aigua que els antics. Per tant, hi deu haver algun tipus d'incompatibilitat entre els materials emprats més recentment, que impedeix una bona conservació dels mosaics fets amb tessel·les de vidre metàl·lic daurat de Murano.

Les provetes d'estil modernista actual d'ambdós assaigs de mullat-sec es sotmeten a 80 cicles de 48 h en els quals, les primeres 24 h del cicle, les provetes s'introdueixen en una cambra climàtica a  $20 \pm 5$  °C i es submergeixen en aigua potable, després ràpidament són introduïdes en una altra cambra climàtica a una temperatura  $70 \pm 5$  °C. Els resultats d'aquests assaigs mostren que les provetes presenten un emblanquiment de les tessel·les per l'acumulació de matèria en les superfícies d'aquestes i un deteriorament del pa d'or en forma de fissures i taques (canvis en la seva coloració per la creació d'arrugues i moviments) i una erosió important del morter i canvis de coloració en el morter de juntes. Dels tres proveïdors, independentment del mètode directe o indirecte, Ariplak® i Vidalglass® presenten trencament en les tessel·les de vidre i degradacions del pa d'or per delaminacions o inclús pèrdues, que

Orsoni® no, tot i que aquest últim presenta més dipòsits de matèria, el que fa pensar que, dels tres, és la varietat més porosa, però alhora més resistent a l'acció de l'aigua en cicles de mullat-sec.

Les provetes d'ambdós assaigs de gel-desgel es sotmeten a 80 cicles de 48 h en els quals, les primeres 24 h del cicle, les provetes s'introdueixen en una cambra climàtica a  $20 \pm 5$  °C i es submergeixen en aigua potable, després ràpidament s'introdueixen en una altra cambra climàtica a una temperatura  $-15 \pm 5$  °C. Els resultats mostren que els cicles de gel-desgel han incrementat la microfissuració dels morters (per la gran quantitat de bombolles que presenten i han permès que l'acció de l'aigua arribés fins a la *cartellina* (a l'interior del morter)). Els vidres i les làmines de pa d'or de les tesselles de les provetes presenten un emblanquiment dels vidres i les làmines de pa d'or causat per l'acumulació matèrica de productes solubles del morter i severes pèrdues perimetrals del total de l'estratigrafia. Els tres proveïdors han mostrat un millor comportament en els cicles de gel-desgel si les tesselles s'aplicaven de forma directa, i no hi havia tantes interfases (morter de fixació, tesselles i morter de juntes) però, dels tres, tot i que Orsoni® presenta un vidre bastant degradat, Ariplak® ha presentat una major degradació del pa d'or que Orsoni®, ja que aquest ha anat perdent la brillantor, i Vidalglass® directament ha presentat pèrdues de material vitri i del pa d'or en totes les capes de les tesselles.

#### 5.2.2.2.SALS SOLUBLES I CONCRECIIONS

Com ja s'ha tractat en l'apartat anterior, l'acció de l'aigua moltes vegades és la precursora d'altres degradacions de major risc, per la seva acció dissolvent i d'interacció amb els materials compostius dels mosaics i per la capacitat que té per a transportar tota mena de partícules en suspensió i en dissolució durant el seu pas i les seves infiltracions. Partícules de sals solubles que moltes vegades tenen la capacitat per a cristal·litzar dins de les capes i els porus dels diferents materials que travessa l'aigua, si es donen les condicions idònies (cicles repetitius de mullat-sec en què

l'aigua transporta o dissol aquest tipus de partícules). Les sals solubles més comunes que es poden produir són els clorurs (contenen ions  $\text{Cl}^-$ ), els carbonats (contenen ions  $\text{CO}_3^{2-}$ ), els sulfats (contenen ions  $\text{SO}_4^{2-}$ ), els fosfats (contenen ions  $\text{PO}_4^{3-}$ ) i els oxalats (contenen ions  $\text{C}_2\text{O}_4^{2-}$ ), però la tipologia de sal que es formi evidentment dependrà de les partícules que es trobin en la composició de cada estrat i de les condicions climàtiques, així com la quantitat de cicles de mullat-sec que es produeixin, ja que en la part del cicle en què es produeix la filtració d'aigua (mullat) és quan aquestes partícules poden viatjar entre les capes de l'estrat musivari i quan les sals, ja cristal·litzades, tornen a solubilitzar i a viatjar per l'estrat, mentre que, en la fase de sequedat, és quan les sals poden cristal·litzar i crear moviments, tensions, pressions i fractures entre les capes, ja que en cristal·litzar augmenten considerablement de volum. Així doncs, com més cicles de mullat-sec es produeixin més augmenta la degradació per cristal·lització de sals, ja que la peça constantment ha d'adaptar-se als moviments que la dissolució i recristal·lització d'aquestes li produeix. Si la cristal·lització de les sals es produeix en superfície, s'anomenen eflorescències salines i, si són en l'interior, depenen de la profunditat dels estrats en la que es donin subeflorescències i criptoflorescències.

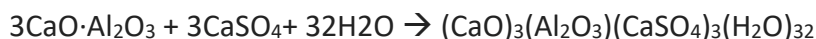
Per abordar l'efecte d'aquest tipus de degradació en els mosaics de vidre metàl·lic daurat, es tracten les degradacions produïdes per cristal·lització de sals en assaigs d'envelliment ràpid provinent de les mateixes fonts que els de l'anterior apartat i en les obres de l'apartat anterior, en les quals aquesta degradació es produïa per l'acció constant de l'aigua de mar i les seves infiltracions (Basíliques de St. Marcos i Santa Sofia) o bé per l'acció de l'aigua de la pluja i les infiltracions d'aquesta en morter de ciment Portland® i formigó armat (Hospital de La santa Creu i St. Pau i la Sagrada Família), i sempre en peces que no es trobaven ben aïllades de les inclemències atmosfèriques, ni del sol i l'aigua.

Segons les fonts bibliogràfiques i els casos de mosaics de tesselles daurades de diferents estils i èpoques que s'han tractat en l'apartat anterior, les sals que representen un major factor de degradació per als mosaics serien les provinents dels

materials compostius dels morters (atac per sulfats) i les sals provinents d'aigua de mar (clorurs en la seva gran majoria), tot i que les altres també poden degradar les peces.

L'atac per sulfats es produeix principalment en els morters de ciment Portland® amb un alt contingut de sulfats (altes proporcions de guix,  $\text{CaSO}_4$ ) que, amb l'elevat nivell d'humitat dels morters i l'aigua que es va infiltrant, reaccionen amb altres elements compostius del propi morter que es troben en altes proporcions (aluminat tricàlcic  $3\text{CaO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3$ ) i creen una dissolució de sals de sulfoaluminat tricàlcic ( $3\text{CaO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3\cdot 3\text{CaSO}_4$ , ettringita o sal de Candlot) que poden cristal·litzar de forma molt expansiva un cop deixen d'estar en dissolució aquosa (augmentant entre 3 i 8 vegades el seu volum inicial) i provocar fortes pressions, tensions i ruptures entre les capes dels morters. (Lapiente Aragó, 2014, pp.1-47) (Jímenez Rojas et al 2008, pp.1-8)

La reacció es dona de la següent forma i necessita molta aigua per a dur-se a terme.



Així doncs, l'alteració més gran que produeix la cristal·lització de sals, tant en els morters com en les tesselles, és causada per la seva forta capacitat expansiva, ja siguin sals provinents d'aigua de mar o d'altres fonts que són arrossegades per l'aigua, o les que es creen per l'atac de sulfats

En ambdós assaigs de cristal·lització de sals sotmeten les provetes a 80 cicles de 48 h en els quals, les primeres 24 h del cicle, les provetes s'introdueixen en una cambra climàtica a  $20 \pm 5$  °C i es submergeixen en  $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$  14% p/p en aigua desionitzada (sulfat de sodi decahidratat al 14% pes/pes en aigua desionitzada), després ràpidament s'introdueixen en una altra cambra climàtica a una temperatura  $70 \pm 5$  °C. Els resultats mostren que, amb el mètode de fabricació indirecte, es comencen a crear fissures en les bases del morter de fixació i en el de juntes i un emblanquiment i descamació de les tesselles (a causa de les acumulacions de les sals en superfície), que acaben fissurant la totalitat de l'estratigrafia i provocant pèrdues de material a mesura que les sals es van dipositant i cristal·litzant entre capes, ja que amb

la seva expansió promouen la desadhesió d'aquestes. Amb el mètode manual, però, en general les provetes mostren una millor resistència a la cristal·lització de sals, ja que, en l'utilitzar un únic morter per a totes les funcions (fixació i juntes), no hi ha tantes interfases en les quals escolar-se i aquestes tendeixen a concentrar-se menys (Orozco Camargo, 2019, pp.217-221) i la major part del dany se l'enduu el morter en comptes del vidre, tot i que aquest també es degrada. Els tres proveïdors de tesselles de vidre metàl·lic daurat han mostrat severes alteracions però amb certes diferències, ja que Ariplak® ha presentat una pèrdua de brillantor de les tesselles i una major opacitat en el vidre que es trobava en contacte amb el morter, que finalment s'ha desadherit del morter per l'efecte expansiu, provocant la pèrdua total de la tessella. Vidalglass® per altra banda, ha mostrat una degradació total de totes les capes de les tesselles de vidre metàl·lic daurat, amb moltes fractures en el vidre i degradació per capes del pa d'or, que en la seva majoria s'ha perdut, tot i que en queden restes en les tesselles que no s'han desadherit del morter (poques però existents). Orsoni® ha presentat una millor adhesió de les tesselles al morter, el que fa pensar novament que es tracta d'un vidre més porós que els altres, els vidres gruixuts han sofert delaminacions i pèrdua de brillantor i les *cartellines* i el pa d'or s'han fissurat i hi ha hagut filtracions entre les capes de les tesselles que han degradat el pa d'or, però aquest encara es conserva.

Cal destacar que les tesselles de trencadís, en tenir més vèrtexs que les cubiques tradicionals, tenen més possibles punts de degradació i de ruptura per l'entrada i expansió de sals, ja que són els punts on es concentraran la majoria de tensions perquè és on convergeixen els plans de les tesselles.

De tots els assaigs elaborats en els estudis anteriorment esmentats, el de cristal·lització de sals és el que mostra degradacions més severes en els mosaics de tesselles de vidre metàl·lic daurat, ja que, en tractar-se d'un material elaborat per capes col·locat en un estrat elaborat també per capes, qualsevol espai o porus que permeti la circulació i filtració d'aigua constant afavorirà la cristal·lització de sals en cicles de mullat sec entre aquests espais, que amb el temps acabaran separant, trencant i desprenent les capes, tant si l'aigua porta les corresponents partícules en

dissolució, si va dissolent productes compostius solubles que es trobi al seu pas i els arrossega, tant com si s'acumula afavorint reaccions químiques en l'interior dels morters (atac per sulfats) o afavorint l'entrada d'altres agents i mecanismes de degradació.

### 5.2.2.3. BIODETERIORAMENT I CONTAMINACIÓ

Com ja s'ha esmentat amb anterioritat, l'aigua és un dels principals factors de degradació i la principal precursora d'altres degradacions com la cristal·lització de sals i la biodegradació, però, a més, també afavoreix les reaccions químiques d'agents contaminants que es troben en l'atmosfera en estat gasós o bé en forma de micropartícules.

La biodegradació en conservació i restauració és l'acció d'agents biològics (microorganismes i microorganismes, animals i vegetals) que descomponen, deterioren, o dificulten la bona conservació dels béns culturals, ja sigui per la relació establida amb el substrat (part o parts dels béns culturals) sobre el qual s'estableixen (microorganismes), perquè s'alimenten d'ell (fongs, i bacteris) o bé perquè simplement formen part del seu hàbitat natural i hi conviuen amb tot el que això comporta (plantes i animals).

La biodegradació, de forma general, es pot donar perquè els agents biològics en alimentar-se del substrat o ancorar-s'hi produeixen reaccions químiques per a sintetitzar el seu aliment i després en produeixen altres per a excretar-lo que degraden la peça, com sol ser el cas de fongs, bacteris, algues, líquens i molses, perquè s'alimentin directament de la peça la utilitzin per a altres fins i provoquin pèrdues com poden ser fongs, insectes o bé rates, per què, en la seva lluita per sobreviure, s'obrin pas a través dels estrats de les peces com poden ser les plantes o les utilitzin d'hàbitat i hi aboquin restes orgàniques en descomposició i les seves excrecions i, a més, hi excavin galeries, com pot ser el cas d'insectes xilòfags, ocells, rates, etc.



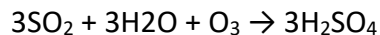
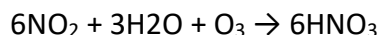
En els casos dels mosaics de tesselles de vidre metàl·lic daurat en els quals hi poden haver filtracions d'aigua i grans acumulacions d'humitat (com ja s'ha vist en l'apartat anterior), el tipus de biodegradació que més es sol donar és la que produeixen microorganismes i plantes ja que, per norma general, solen necessitar un estrat porós al qual adherir-se, com pot ser el morter i grans quantitats d'humitat més o menys constant en el mateix (la qual pot ser causada per les filtracions), en zones amb llum i en semipenombra, situacions que es poden donar perfectament en aquest tipus de peces, ja que es poden col·locar en interior o en exterior. Aquest tipus de biodegradació normalment produeix la degradació del substrat per la síntesi de productes químics que necessiten els microorganismes per alimentar-se i/o fer la fotosíntesi i l'aixecament, deformació i esbombament de les capes d'aquest, pel seu creixement des de l'interior cap a l'exterior.

Un clar exemple d'aquest tipus de degradació en mosaic de tesselles de vidre metàl·lic daurat seria el mosaic de la Capella de St. Jordi a Woolwich, 1870, el qual va patir un bombardeig a la Segona Guerra Mundial, que va deixar el mosaic al descobert. Actualment ha patit degradacions per l'acció de l'aigua que han anat afeblint el morter i fent que perdés adhesió i hi creixessin plantes i fongs, provocant la caiguda i pèrdua de moltes tesselles de vidre metàl·lic daurat i la degradació de les que en restaven adherides encara. Per tant, aquest és un clar exemple de com la biodegradació afecta la cohesió estratigràfica d'aquest tipus de peces més que a cap altra factor.

Pel que fa a la contaminació i com aquesta afecta als mosaics de tesselles daurades metàl·liques de Murano, a l'atmosfera existeixen diferents agents fruit de la contaminació produïda per la vida quotidiana dels humans. Les més comunes solen ser molècules de CO<sub>2</sub> (diòxid de carboni) emeses per la combustió dels cotxes, els CFC's (Clorofluorocarburs, encarregats de foradar la capa d'ozó), i emesos per esprais i d'altres productes del mateix caire, i els diòxids de nitrogen i de sofre (NO<sub>2</sub> i SO<sub>2</sub>), provinents de la indústria en la seva majoria. No es té constància de com tots afectarien les peces, però de ben segur els agents contaminants amb un elevat contingut en NO<sub>2</sub> i SO<sub>2</sub>, en contacte amb l'ozó atmosfèric (O<sub>3</sub>) i l'aigua que es troba en



suspensió en la mateixa (H<sub>2</sub>O), acaben creant àcids elevadament corrosius (àcid nítric (HNO<sub>3</sub>) i àcid sulfúric (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>)) de la següent forma:



És molt possible que aquests àcids corrosius provoquin corrosió àcida en el vidre, ja que aquest és sensible als àcids. (Orozco Camargo, 2019, pp.86-89) I les molècules de SO<sub>2</sub> poden afavorir també l'atac per sulfats en contacte amb les peces elaborades amb formigó amb un alt contingut de guix i en zones d'elevada humitat, afavorint també la formació d'ettringita, com ja s'ha esmentat en l'apartat sobre la degradació per l'atac de sals.

Per tancar el bloc sobre les degradacions s'introdueix un esquema (veure Fig. 32.) sobre l'evolució de les tessel·les de vidre metàl·lic daurat i les seves degradacions en vers el temps i l'ús que se'ls hi ha donat en mosaic.

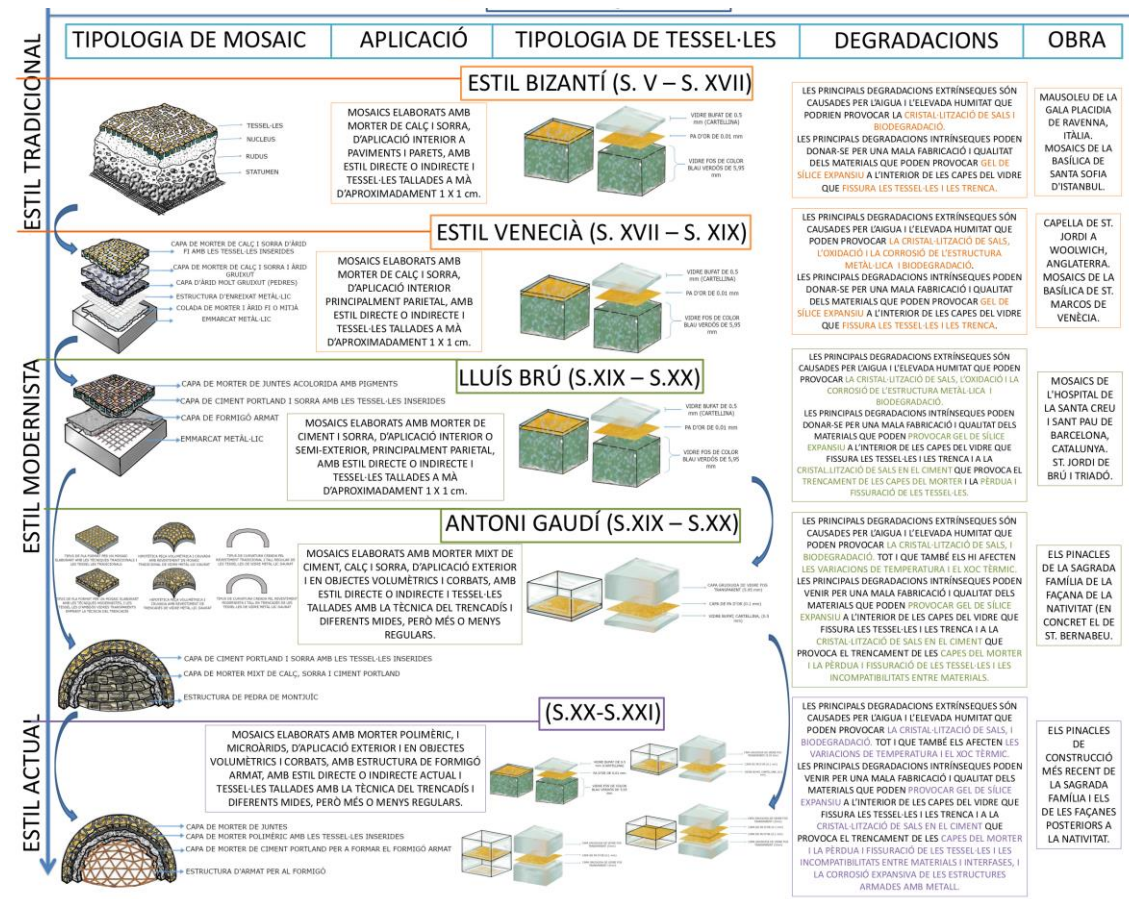


Fig. 32. Esquema sobre l'evolució de les tessell·les de vidre metàl·lic daurat i les seves degradacions en vers el temps (elaboració pròpia).

## 6.SUGGERIMENTS I REFLEXIONS AL VOLTANT DEL DIAGNÒSTIC, CONSERVACIÓ PREVENTIVA I RESTAURACIÓ DE LES TESSEL·LES DE VIDRE METÀL·LIC DAURAT

En aquest apartat es proposaran alguns suggeriments i s'exposaran algunes reflexions sobre el diagnòstic, la conservació preventiva i la restauració de les tessell·les de vidre metàl·lic daurat. Tots han estat elaborats de forma general i no específica, seguint les reflexions extretes en elaborar el treball, ja que, cada obra a tractar tindrà les seves pròpies especificacions i en aquesta part del document es pretén aportar informació útil per a elaborar una primera aproximació a l'estat de conservació de la peça i algunes idees per a la seva conservació preventiva o restauració.

IRENE GARCÍA DÍAZ

LES TESSEL·LES DE VIDRE METÀL·LIC DAURAT DE MURANO EMPTADES EN MOSAIC  
ESTUDI, CARACTERITZACIÓ, EVOLUCIÓ HISTÒRICA I CONSERVACIÓ-RESTAURACIÓ

Treball Final de Grau, Grau de Conservació-Restauroació de Béns Culturals, Facultat de Belles Arts,  
Universitat de Barcelona, curs 2019/2020

## 6.1.SUGGERIMENTS I REFLEXIONS AL VOLTANT DEL DIAGNÒSTIC

En fer recerca sobre les diverses peces musivàries elaborades amb vidre metàl·lic daurat, esmentades anteriorment i com s'han intervingut, i haver observat la peça 153203-000

pertanyent al MNAC (consultar l'annex 9.1 sobre les pràctiques externes), s'ha après que, tot i que l'origen de les degradacions d'aquest material pot ser divers, el tipus de degradació provocada sol ser la



*Fig. 33. Mostra d'una tessel·la de vidre metàl·lic daurat, degradada i fissurada (segurament a causa de la formació de gel de sílice expansiu), en la qual es pot apreciar l'opacitat i canvis que es produeixen en el vidre. Mostra pertanyent a la peça 153203-000 © Museu Nacional d'Art de Catalunya, Barcelona (2020). Foto: Irene García Díaz.*

del trencament, fissuració o delaminació

d'alguna de les capes de la tessel·la, sigui total o parcialment. Per això, és ben important, sempre que es pugui, fer un bon examen organolèptic<sup>37</sup> en el que es faci una acurada observació visual amb llum rasant i amb lupa o algun tipus d'element que permeti la vista en augment. La llum rasant (es recomana fer-la des de totes les direccions) permet apreciar tota mena de canvi en la superfície dels vidres (cartellina i vidre gruixut) i en l'estratigrafia de les tessel·les perquè allà on hi hagi esquerdes, delaminacions i fissures del vidre o ondulacions i arrugues del pa d'or es produirà un canvi en la reflexió de la tessel·la i aquesta és veurà com nacrada i més opaca (veure

<sup>37</sup> Examen organolèptic, vol dir que s'examina amb tots els òrgans dels sentits possibles i per tant emprant, la vista, el tacte, l'oïda, el gust i l'olfacte.

IRENE GARCÍA DÍAZ

LES TESSEL·LES DE VIDRE METÀL·LIC DAURAT DE MURANO EMPRADES EN MOSAIC  
ESTUDI, CARACTERITZACIÓ, EVOLUCIÓ HISTÒRICA I CONSERVACIÓ-RESTAURACIÓ

Treball Final de Grau, Grau de Conservació-Restaureació de Béns Culturals, Facultat de Belles Arts,  
Universitat de Barcelona, curs 2019/2020

Fig. 33.) L'augment ajudarà a apreciar millor l'abast de la degradació i a discriminar el seu origen. Per altra banda, sempre que la peça ho permeti, és ben interessant palpar la superfície de les tesselles, ja que d'aquesta manera es pot apreciar si les degradacions es troben en les capes més internes o en les més externes i novament fer-se una idea aproximada del seu abast i si es tracta de quelcom extrínsec o intrínsec. Si es tractés de degradacions extrínseques en el vidre, el més probable és que comencessin a degradar el vidre des de l'exterior cap a l'interior fins a abastar tota la capa però, si es tractés de quelcom intrínsec, es degradarien les tesselles des de l'interior cap a l'exterior fins a abastar tota la capa, de manera que, si en palpar les tesselles que s'aprecien degradades, el tacte no és rugós ni s'aprecien les degradacions, el més segur és que aquestes es trobin en la capa més interna de la tessella i, per tant, que sigui produïda intrínsecament. En canvi, si el tacte és rugós i s'aprecien fissuracions es podria tractar d'una degradació extrínseca (si les fissuracions són superficials) o bé d'una intrínseca en un estat molt avançat (si les fissuracions es troben en tot el gruix de l'estrat). Després, un cop identificat l'estat de conservació de les tesselles i l'origen de les seves possibles degradacions, valorat l'estat de conservació general de la peça musivària, i tenint en compte les directrius de les institucions i organismes internacionals més cabdals per a la conservació del mosaic en qüestió, com ara l'ICCROM (Centre Internacional per a l'Estudi de la Preservació i Restauració de Propietat Cultural), l'ICCM (Comitato internazionale per la conservazione dei Mosaici), El GCI (Getty Conservation Institute) o l'IPCE (Instituto del Patrimonio Cultural de España), s'hauria d'elaborar un diagnòstic i una proposta d'intervenció en la qual es tractés de mantenir el criteri de la mínima intervenció i advocar per conservar *in situ*<sup>38</sup> les peces, sempre que sigui possible, i mantenir les tesselles i els morters originals, sempre que l'estabilitat i llegibilitat de la peça ho permeti.

---

<sup>38</sup> Conservar *in situ*, vol dir que la peça es manté en el seu lloc d'origen i es tracta d'evitar el seu transport i manipulació fora d'aquest, de manera que els tractaments de conservació i restauració es donen en el lloc on es troba la peça.



Un altre punt a considerar és el d'advocar per una bona conservació preventiva<sup>39</sup> i/o curativa<sup>40</sup> de les peces i les tessel·les, que ajudi a evitar o allargar el màxim possible els tractaments de restauració, ja que si les tessel·les es troben degradades i, per exemple, presenten fissuracions i delaminacions per la formació de gel de sílice en el seu interior, però aquesta degradació irreversible<sup>41</sup> s'ha estabilitzat (no avança en el temps o avança molt lentament), no hi ha pèrdues i no afecta l'estètica de l'obra, seria interessant, com a mínim, contemplar aquestes opcions, ja que les degradacions irreversibles d'alguna manera formen part de la vida de l'obra, i contemplar fins a quin punt és necessari intervenir-la i restaurar aquestes degradacions, també forma part d'un bon procés de diagnòstic i intervenció. I seguint amb la màxima del criteri de mínima intervenció, si en comptes d'intervenir les peces que presenten degradacions irreversibles en les seves tessel·les però que, de manera general, presenten un bon estat de conservació, es suggereixen unes bones directrius de conservació preventiva i unes mínimes accions curatives, tals com un control de la humitat i temperatura relatives a les quals es conserva la peça, i una neteja adient,<sup>42</sup> també es pot garantir la bona conservació de les obres amb tessel·les de vidre metàl·lic daurat, ja que els casos que presentaven pitjor estat de conservació han estat aquells en els que aquests factors s'han descontrolat durant molts anys (provocant danys com els provocats per xoc tèrmic o les lixiviacions de materials solubles per elevada humitat o escorrentia d'aigua) o bé per possibles incompatibilitats intrínseques o extrínseques entre materials que també es veuen agreujades amb el descontrol d'aquests factors, com els atacs per sals o la creació de gel de sílice amb el posterior *crizzling*.

---

<sup>39</sup> La conservació preventiva és la que engloba tot el conjunt d'accions, generalment indirectes, que tenen per objectiu evitar, endarrerir o minimitzar l'inici o la continuació d'una degradació en un bé cultural.

<sup>40</sup> La conservació curativa és la que engloba tot el conjunt d'accions, generalment directes, que tenen per objectiu aturar, estabilitzar o minimitzar una degradació activa en un bé cultural.

Definicions elaborades amb els coneixements obtinguts en cursar el Grau de Restauració i Conservació de Béns Culturals de la Universitat de Barcelona.

<sup>41</sup> Irreversible vol dir que un cop ha succeït, no es pot desfer o tornar enrere.

<sup>42</sup> En tractar la neteja adient, es considera com a tal, aquella neteja professional que es fa cada cert temps per evitar acumulacions matèriques, pols i brutícia superficial en les obres.

IRENE GARCÍA DÍAZ

LES TESSEL·LES DE VIDRE METÀL·LIC DAURAT DE MURANO EMPRADES EN MOSAIC  
ESTUDI, CARACTERITZACIÓ, EVOLUCIÓ HISTÒRICA I CONSERVACIÓ-RESTAURACIÓ

Treball Final de Grau, Grau de Conservació-Restauroació de Béns Culturals, Facultat de Belles Arts,  
Universitat de Barcelona, curs 2019/2020

## 6.2.SUGGERIMENTS I REFLEXIONS AL VOLTANT DE LA CONSERVACIÓ PREVENTIVA

Després d'haver consultat totes les fonts bibliogràfiques esmentades en cada apartat, així com les intervencions dutes a terme en peces amb tesselles de vidre metàl·lic daurat, s'ha arribat a la conclusió (donada la seva naturalesa vítria i metàl·lica, en conjunt amb la seva unió i forma d'empaquetament) que gairebé cada degradació que poden presentar les tesselles de vidre metàl·lic daurat resulta irreversible i, per tant, que un cop aquestes es troben altament degradades i han perdut les seves característiques principals, no hi ha cap intervenció de restauració que pugui revertir aquests canvis. Per tant, la clau per a què les tesselles de vidre metàl·lic daurat es conservin en les peces musivàries, radica en tenir en compte tots els seus possibles factors de degradació i tractar d'evitar-los a tota costa. Resulta imprescindible establir un protocol de conservació preventiva adient per a aquestes i adaptat a la peça a la qual pertanyin. Per fer-ho, es poden tenir en compte les següents consideracions, extretes de la recerca i l'elaboració d'aquest treball:

- Si es tenen en compte els factors de degradació intrínsecs i extrínsecs de les tesselles de vidre metàl·lic daurat, en conjunt amb el fet que les tesselles del pinacle de St. Bernabeu de la Sagrada Família (d'estil i aplicació tradicionals) són les que millor estat de conservació presenten (Gómez Ramió, 2015, pp.90-91) (en comparació amb les tesselles de pinacles més nous), i l'estat de conservació i degradacions de les tesselles de vidre metàl·lic daurat en altres obres, es pot arribar a la conclusió que les tècniques tradicionals d'elaboració de mosaic amb morter de calç (que no contenen estructures metàl·liques) i les tesselles de vidre metàl·lic daurat d'estil tradicional (*cartellina* + pa d'or + vidre gruixut), presenten una major compatibilitat entre sí, que no pas les que s'han elaborat amb ciment Portland® o altres morters més actuals. Presentant una major compatibilitat que li conferirà (sempre que els factors extrínsecs no es descontrolin), la durabilitat més gran possible a les peces musivàries. Així doncs, en els casos en què les incompatibilitats siguin més elevades, per norma



general això es dona en obres més actuals, s'haurà d'intentar evitar tots aquells factors que puguin agreujar-les.

- Tot i que els assaigs d'envelliment no són reals ni fidels del tot, ja que la conservació de les tesselles depèn de diversos factors com el mètode d'aplicació, les condicions climàtiques i d'aïllament d'aquestes, el lloc on es troben els mosaics i el tipus de corba o pla que facin els mosaics i les compatibilitats o incompatibilitats entre materials, de totes les tipologies de vidre metàl·lic daurat que s'han exposat als assaigs, les que més garanties de durabilitat han presentat han estat les d'elaboració tradicional, amb *cartellina* i vidre gruixut, elaborades a Murano. Això fa pensar que les formulacions del vidre de Murano i el mètode de fabricació de les tesselles, actualment, és el més adient per a la funció que aquestes duen a terme en les obres musivàries, i que aquest és fruit d'un procés realment perfeccionat i millorat durant anys i segles per a permetre que les tesselles compleixin amb les seves funcions. Per tant, en cas d'haver de reintegrar o substituir tesselles de vidre metàl·lic daurat de Murano, seria adient optar per les més tradicionals, sempre que les de l'obra també ho siguin (com sol ser en la majoria de casos), ja que les altres opcions de vidre metàl·lic daurat podrien presentar majors incompatibilitats i un comportament diferent del de les originals, que encara resta pendent d'estudiar.
- En els assaigs d'Héctor Yuldor Orozco Camargo, s'elaboren algunes provetes en les quals es tracta de protegir les tesselles de vidre metàl·lic daurat amb productes en forma d'adhesiu en esprai com Enduroshield®, que prometen protegir superfícies metàl·liques, vítries i ceràmiques creant una capa invisible i de fàcil neteja que les impermeabilitza, i, per tant, que redueix considerablement la seva porositat. Però els resultats, obtinguts en els quatre tipus d'assaigs d'envelliment descrits anteriorment, van mostrar que aquest tipus de protecció era ineficaç i que la seva aplicació no presentava cap mena de millora o canvi quant als resultats. Per tant, tot i que els vidres de les

tessel·les metàl·liques daurades tenen cert grau de porositat, si aquest és l'habitual, donat per les formulacions estàndard d'aquest tipus de vidre i aquest no es troba extremadament degradat, no afecta de forma gaire negativa a l'envelliment de les tessel·les.

- En els assaigs del mateix autor, sempre que s'analitzen provetes elaborades amb el mètode prefabricat (estil indirecte més actual), en comparació amb les elaborades amb el mètode directe, els vidres presenten majors degradacions, el que duu a pensar que pot ser a causa que en el mètode prefabricat existeixen més capes (morter de fixació i morter de juntes), les quals reaccionen de diferent manera als factors de degradació, provocant tensions majors en els vidres i, per tant, una degradació més prematura de les tessel·les de vidre metàl·lic daurat.
- En els casos de peces amb estructures interiors metàl·liques com els pinacles de la Sagrada Família o bé els mosaics de l'Església de St. Tomàs de Canterbury, la humitat dels morters i l'ambiental o la que es filtrava en les peces, acabava oxidant els metalls i produint l'efecte expansiu de la corrosió en els morters i, per consegüent, provocant el seu moviment i esbombament i la pèrdua de tessel·les o el trencament d'aquestes. Per tant, en futures peces elaborades amb un morter reforçat i tessel·les de vidre metàl·lic daurat o en casos d'intervencions de restauració que ho permetin, es podria valorar el fet de substituir els elements metàl·lics per altres elements capaços de formar estructures resistents com l'acer inoxidable, fibra de vidre o bé la de carboni.

Per tant, la tendència estudiada en aquest treball porta a pensar que si la peça a tractar presenta materials metàl·lics o bé materials i tècniques més actuals, aquesta podria presentar una major susceptibilitat a degradar-se de forma prematura, tant per les incompatibilitats entre materials com per la quantitat de capes diferenciades que poden presentar i les diferències entre els moviments estructurals d'unes i altres, el que reverteix en majors probabilitats de degradació de les tessel·les per trencament i fissuració, quelcom molt interessant a tenir en compte en fer una proposta de

conservació preventiva. Això no vol dir que les peces d'estils i materials més tradicionals no es degradin per motius similars, sinó que simplement s'ha observat aquesta tendència i pot resultar útil a l'hora d'estudiar unes peces o altres amb aquest tipus de material en les seves tesselles i prevenir la seva degradació abans que aquesta afecti de forma total a l'obra.

### 6.3.SUGGERIMENTS I REFLEXIONS AL VOLTANT DE LA RESTAURACIÓ

En els casos dels pinacles de la Sagrada Família, els mosaics de l'Hospital de la Santa Creu i Sant Pau, Santa Sofia d'Istanbul, o La Basílica de Sant Marcos a Itàlia, entre d'altres, les tesselles s'havien d'intervenir perquè el seu estat de conservació no era bo i es trobaven afectades, tant les estructures com l'estabilitat i l'estètica dels mosaics. Les tesselles de vidre metàl·lic daurat, però, no es solien reintegrar, ni aprofitar, ja que, es diferenciaven de les tesselles de vidre d'altres tipus com els *smalti*, en el fet que totes les cares de la mateixa tessella presenten les mateixes qualitats estètiques i es poden reaprofitar, girant-les o tombant-les i recol·locant-les en el mosaic, però les de vidre metàl·lic daurat es dissenyen i fabriquen per a emprar-les d'una forma determinada com ja s'ha esmentat en apartats anteriors, el que dificulta la seva reintegració<sup>43</sup> mitjançant el reaprofitament i obliga en la majoria de casos a substituir-les perquè els seus danys solen ser irreversibles.

Això fa plantejar que seria interessant trobar una forma de reintegrar les tesselles que encara es puguin conservar en un estat estable, i com que es tracta d'un material compost, per capes de vidre i pa d'or, seria adient trobar la forma de substituir o reintegrar la zona o la capa afectada amb el mateix material (que normalment sol ser la *cartellina* o el vidre gruixut).

---

<sup>43</sup> Reintegrar un material, vol dir retornar-li la seva estabilitat i continuïtat estructural i moltes vegades també estètica, per tant es pot parlar de reintegracions matèriques o cromàtiques i es poden dur a terme alhora o per separat.

Un primer suggeriment, seria arribar a un consens amb el fabricant de vidre metàl·lic daurat perquè fabriqués o tingués l'opció de fabricar els vidres per separat i acceptés substituir les parts degradades de les tesselles quan aquestes ho requerissin, ja que per a unir-les de manera tradicional faria falta sotmetre-les a calor, però seria quelcom també pendent d'estudi, ja que no es coneix fins a quin punt seria recomanable. O bé, si el fabricant produís els vidres per separat, buscar la forma d'adherir-los durant el tractament de forma reversible<sup>44</sup> (amb algun adhesiu orgànic o inorgànic que presentés la màxima compatibilitat amb els materials), però seria necessari estudiar l'opció detingudament amb els seus pros i contres. Un segon suggeriment, seria el de reintegrar les parts del vidre deteriorat amb resines sintètiques que presentin un índex de refracció el més semblant possible al del vidre, però aquestes solen ser poc reversibles i es solen esgrogueir o patir canvis de tonalitats amb el pas del temps i l'acció de la llum del sol.

Però aquests suggeriments s'haurien d'estudiar, veure quin és el seu impacte en les tesselles i en les peces i si surt més rendible econòmicament i ecològicament que substituir directament les tesselles degradades.

## 7.CONCLUSIONS

En començar aquest treball es formulen uns objectius a complir per tal de demostrar o refutar la hipòtesi que planteja que mitjançant una observació acurada, una bona recerca documental i les eines més bàsiques i accessibles, el conservador-restaurador pot determinar de forma molt aproximada i bastant precisa, quines són les degradacions i anomalies que presenta el material a tractar i d'aquesta manera poder elaborar un diagnòstic adequat que precedirà una bona futura proposta d'intervenció, sense necessitat de costoses i invasives proves de laboratori. Es pot considerar que els

---

<sup>44</sup> Reversible vol dir que el tractament es podrà revertir fàcilment en un futur sense malmetre la peça a tractar.

objectius han estat aconseguits satisfactòriament i la hipòtesi validada al llarg de l'elaboració d'aquest document.

- S'ha aconseguit dut a terme tota la feina de documentació sobre el material de la forma més acurada possible i amb els recursos disponibles.

- S'ha pogut traçar el recorregut històric que ha sofert aquest material en el temps i il·lustrar tots els canvis que ha anat presentant al llarg de la seva fabricació, qualitat i ús fins a l'actualitat, i, a més, s'ha arribat a la conclusió que el canvi de l'ús d'aquest material al llarg del temps i la invenció de nous materials i tècniques d'aplicació han afectat negativament a la seva conservació i restauració, ja que, en anar evolucionant aquests tres factors, es comencen a donar més factors de degradació i aquestes alteracions són més prematures i nombroses en comparació a quan s'emprava d'una forma més tradicional, ja sigui per incompatibilitat de materials, per la seva millor o pitjor qualitat, per una tècnica no idònia (tant d'aplicació de les tesselles en mosaic com d'elaboració de les mateixes) o pels tres motius en conjunt, la qual cosa repercuteix, sens dubte, en la conservació a llarg termini de les peces musivàries.

- Fent recerca s'ha descobert com aquest material es comporta davant dels principals factors de degradació habituals, que el material presenta factors de degradació tant intrínsecs com extrínsecs i que ambdós poden representar un greu perill per a les tesselles de vidre metàl·lic daurat, perquè ambdós provoquen danys irreversibles en aquestes. Sent el dany intrínsec més greu l'anomenat *crizzling*, en el qual es forma gel de sílice expansiu en l'interior del vidre que va trencant i esquerdant les capes d'aquest. I és el dany extrínsec més greu el causat per l'atac per sals solubles, el qual, entre altres factors, és provocat per l'aigua i la presència de sals solubles en els morters o el transport de les mateixes a causa de l'escorrentia de l'aigua.

- Pel que fa a com es comporta el material en contacte amb els diferents tipus de morters emprats al llarg de la història en l'elaboració de mosaics, s'ha arribat a la conclusió que les tesselles de vidre metàl·lic daurat emprades en mosaic presenten una major compatibilitat amb els morters de calç i sorra (presentant bon

comportament amb els àrids de pols de marbre o de putzolana), i amb els mètodes directe o indirecte tradicional sempre que no s'hi afegeixin estructures metàl·liques per a reforçar el morter, que no pas amb morters de ciment, morters mixtes, morters cola o hidròfugs en combinació amb les tècniques directes o indirectes més actuals.

- S'ha estat capaç d'aplicar l'experiència pròpia d'observació d'aquest material, per a enriquir i nodrir l'estudi, ja que en comparar l'or i la sílice s'han pogut extreure conclusions i deduccions pròpies sobre el comportament de les tesselles de vidre metàl·lic daurat emprades en mosaic, que s'han aproximat bastant als resultats que han mostrat els assaigs d'envelliment accelerat d'Hèctor Yuldor Orozco Camargo i de la Dra. Júlia Gómez Ramió. I en proposar suggeriments per a un primer diagnòstic aproximat de baix pressupost, suggeriments per a una bona conservació preventiva de les peces i de materials per a la reintegració, s'ha pogut aplicar l'experiència extreta d'haver tractat amb la peça 153203-000 del MNAC i les eines i coneixements obtinguts al llarg del Grau de Conservació i Restauració de Béns Culturals.

- I per últim, s'ha estat capaç de crear un document acadèmic útil, que permet facilitar el coneixement d'aquest material i el seu comportament, així com la detecció d'alteracions i factors de degradació, a partir de l'ús de recursos de baix pressupost. El qual pot tenir una utilitat pràctica en futures intervencions de peces que continguin vidre metàl·lic daurat.

Com a conclusió final, aquest treball ha servit per a entendre com l'ésser humà i l'ús que aquest dona a la matèria, produeix canvis en aquesta. Que alhora produiran canvis en com allò que ha produït l'ésser humà perdurarà o no en el temps, i les diferents degradacions que podrà presentar i, per tant, entra dins de l'àmbit del restaurador i conservador comprendre aquest fet, conèixer aquests canvis i ser capaç d'adaptar constantment les seves eines i formes de procedir en el moment de tractar les obres. Sent, per tant, plenament conscient que allò que els humans han creat i han canviat, es troba en un procés de canvi gairebé constant al llarg del temps i només es podrà

conservar sempre que els humans tinguin aquesta voluntat i el coneixement i la formació necessaris per a fer-ho.

## 8.FUTURES LINIES D'INVESTIGACIÓ

Amb el procés d'elaboració d'aquest treball queden obertes certes línies futures d'investigació o d'estudi, que en aquest document i amb els recursos disponibles no tenen cabuda, però que sense dubte complementarien perfectament l'estudi.

- En primer lloc, seria molt interessant i revelador fer un estudi comparatiu amb els diferents vidres metàl·lics daurat que es presenten en el mercat actual, ja que Donà® i Orsoni®, a diferència de Vidalglass® i Ariplak®, presenten diferents tipus de vidre, acabats i gruixos, i seria interessant provar com es comporten tots, ja que els vidres segueixen sent de fabricació tradicional i així es podria comprovar (donat que la fabricació tradicional ha donat els millors resultats en els assaigs d'envelliment accelerat) quin és el gruix més adient per a l'ús en mosaic del vidre metàl·lic daurat, ja que en els assaigs anteriorment esmentats en fer provetes amb vidre d'altres gruixos, fabricació i composició diferents i desconegudes com els d'Ariplak® i Vidalglass®, hi ha masses variables a estudiar sobre per què uns vidres han donat millor resultat que altres i no queda clar si el gruix és un factor determinant o no en la millor conservació, protecció i resistència de les tesselles de vidre metàl·lic daurat. De la manera proposada, les úniques variables serien els gruixos i les formulacions del vidre (les quals romanen en secret des de temps ben antics, però es coneixen de forma aproximada).

En segon lloc i si els recursos acompanyen, seria molt interessant fer anàlisis físiques i químiques sobre la composició i el comportament de les tesselles de vidre metàl·lic daurat, en tesselles noves i en tesselles degradades, i així poder observar els canvis que produeixen les degradacions en aquestes.



En tercer lloc, seria adient també estudiar les propostes elaborades sobre possibles reintegracions del material vitri de les tessel·les, ja que l'or, si la tessel·la no es troba elevadament degradada, sol trobar-se en bon estat de conservació i, si la tessel·la es troba altament degradada, l'or també s'hi troba i no es sol reintegrar, sinó que es substitueix la tessel·la sencera.

En quart lloc i donades les incompatibilitats que presenten els morters més actuals amb les tessel·les de vidre metàl·lic daurat de Murano, seria molt adient fer un estudi valorant tots els pros i contres de l'ús de morters de calç i putzolana (morters amb qualitats hidràuliques i aèries) en l'elaboració de mosaics amb aquest tipus de material, en comptes de morters de ciment, morters de formigó armat, o morters polimèrics, ja que d'aquesta manera, encara que el procés pugui veure's retardat i el seu cost elevat, s'estalviarien moltes degradacions provinents intrínsecament del morter i de la seva incompatibilitat amb les tessel·les. Això no vol dir que aquests morters no es degradin, sinó que presenten una major afinitat amb les tessel·les, el que afavoreix la seva durabilitat en el temps i, per tant, la de les obres.

I en cinquè i últim lloc, es podrien estudiar materials nous per a reforçar el morter, que no siguin de ferro, ja que presenta el problema de l'oxidació i la corrosió expansiva. I la fibra de vidre, l'acer inoxidable i la fibra de carboni que actualment ja s'empren per a molts usos, tot i el seu cost elevat, podrien ser uns bons candidats, però no sense abans estudiar els seus possibles pros i contres en la durabilitat i conservació dels mosaics de tessel·les de vidre metàl·lic daurat, i més tenint en compte que habitualment les tessel·les de vidre metàl·lic daurat no formen soles el mosaic, sinó que van acompanyades de tessel·les d'altres materials com el vidre, la ceràmica o la pedra i aquests poden reaccionar de forma diferent amb els moviments estructurals del ferro, afectant de forma molt negativa a l'estabilitat estructural i estètica de les peces musivàries.

## 9.FONTS D'INFORMACIÓ

En els següents apartats es troben totes les fonts d'informació emprades per a realitzar aquest estudi, citades amb el sistema Harvard i, tot i que algunes no es trobin citades en el text totes han servit de molt, ja que, en un principi, no es trobava bibliografia referent al tema en concret d'aquest estudi, així que es van a veure d'emprar altres fonts que, a criteri personal, s'aproximaven al tema. D'aquesta manera es va poder seguir la pista al vidre metàl·lic daurat i entendre de quin tipus de material no es tractava i aprendre-ho per a poder saber exactament sobre quines tècniques i materials s'havia de buscar informació.

Per tant, s'ha considerat que és important afegir-les totes, atès que totes han format part de la recerca i del buidatge d'informació (sovint provinent de camps diferents al de la conservació i restauració) elaborat durant mesos per a poder escriure aquest treball.

### 9.1 FONTS BIBLIOGRÀFIQUES

- Albán, C.; Esposito, L.; Rambaldi, E.; Tucci, A. (2008) "Crecimiento lento de la grieta de postindentación en teselas mosaicas vítreas" *Qualicer*, Castellón.
- Albera, D.; Crivello, M.; Tozy, M.; Seimandi, G. (juliol 2016). "Dictionnaire de la méditerranée". *Actes sud*.
- Álvarez, J.I.; Martín, A.; García Casado, P.J. (1995) *Historia de los morteros, Departamento de Química y Edafología, Facultad de Ciencias. Universidad de Navarra. Boletín del Instituto Andaluz del Patrimonio* Nº3, pp. 52-59, ISSN 1136-1867.

- Arias De Haro, F. (2014) "Para una Arqueología del trabajo, la estratigrafía musivaria: Propuesta sobre la ejecución de la alegoría del invierno" *Revista del Centro de Estudios Linarenses Siete esquinas*, Vol.1, Nº6, pp. 17-19.
- Arias Holguín-Veras, P.M.; Zamora i Mestre, J.L. (15-18 maig 2018) "Evaluación de las características cromáticas del vidrio de Murano utilizado en revestimientos exteriores de trencadís" *Rehabend Congress 2018*. Cáceres.
- Badenes Gor, M<sup>a</sup>C. (1965) "La industria cerámica de Onda". *Cuadernos de Geografía*, Nº2.
- Bello Diéguez, J.M<sup>a</sup>.; Arenaz Martínez, A. (2015) "Las cuentas de vidrio doradas del Castro de Elviña (A Coruña)". *Férvedes*, Nº8, pp. 381-390. ISSN 1134-6787.
- Blázquez Martínez, J.M<sup>a</sup>. (2016) "Evolución de la musivaria hispana durante el Imperio Romano". Atti del XIII Congreso Internacional de la AIEMA. Roma «L'ERMA» di BRETSCHNEIDER, ISBN: 978-88-913-1239-6.
- Burguete Cebriá, C. (2016-2017) *Restauración de una lámpara araña del siglo XVIII de la Real Fábrica de Cristales de La Granja*. Facultat de Belles Arts de Sant Carles, Grado en Conservación y Restauración de Bienes Culturales, TFG Universitat Politècnica de València.

- Cazalla Vázquez, O. (gener 2002) “Morteros de cal”. Aplicación en el patrimonio Histórico”. Departamento de Mineralogía y Petrología, *Tesis Universidad de Granada*.
- Celina Vacca, M. (2010). *Recubrimiento de superficies arquitectónicas con piezas de ceràmica*. Tesis Univeristat Politècnica de Catalunya, Barcelona.
- Cisneros Cunchillos, M.; Ortíz Palomar, E.; Paz Peralta, J.Á. (2019) “Vidrios esqueuomorfos de piedras duras. El “arte” de simular el lujo en época antigua: Gemmata Potoria”. *Ars & Renovatio*, Nº7, pp. 261-277. ISSN 2340-843X.
- Conventi, A.; Neri, E.; Verità, M. (2012) “SEM-EDS analysis of ancient gold leaf glass mosaic tesserae. A contribution to the dating of the materials”. *Materials Science and Engineering*, Nº32.
- Córdoba De La Llave, R. (2011) “Recetas medievales para el vidriado de la cerámica”. *Meridies*, Nº9, pp. 135-150.
- Cruz Moreno, D. M<sup>a</sup>A. (agost 2014) “Mejoramiento del efecto barrera en materiales endurecidos de cemento portland mediante una aplicación innovadora de nano-partículas de silicio”. Tesis Universidad Autónoma de Nuevo León, *Facultad de ingeniería Civil*.



- Cusó Recasens, A. (sense any) "La restauración de los mosaicos de cerámica y de vidrio de la iglesia de la Colonia Güell". *QCTRM*, N°14, pp. 197-202.
- Cuoghi Fenollar, L.; Romero Valiente, J.; Villar Apellaniz, C.; Faubel Serra, V.; Noguera Ortí, J.F.; García Ten, J.; Yagüe Muñoz, A.; Durán, A. (març-abril 2012). "Revestimientos vítreos con propiedades bactericidas y fungicidas". *Boletín de la Sociedad Española de Cerámica y Vidrio*.
- Çetinkaya, Halûk. (2016) "Newly discovered early Cristian Mosaic from Ulpiana / Kosovo". Atti del XIII Congreso Internacional de la AIEMA. Roma «L'ERMA» di BRETSCHNEIDER. ISBN 978-88-913-1239-6.
- Doerner, M. (1998) "Los materiales de pintura y su empleo en el arte." *Editorial Reverté*, Barcelona, pp.264-269. ISBN 84-291-1423-9.
- Eiras, J.N.; Genovés, V.; Soriano, L.; Tashima, M.M.; Popovics, J.S.; Payá, J. (octubre 2012) "Evaluación del ataque por sulfatos en morteros de cemento Portland mediante técnicas no destructivas". *Instituto Ciencia y Tecnología del Hormigón ICITECH. Universitat Politècnica de València, Civil and Environmental Engineering, University of Illinois, Ibracon*, N°54, ISSN 2175-8182.
- Espel, R.; Gómez, J.; Grima, R.; Aguado, A. (octubre-diciembre 2009). "La evolución de la construcción del Templo de la Sagrada Familia". *Informes de la Construcción*, Vol.61, N°516, pp. 5-20. ISSN 0020-0883.

IRENE GARCÍA DÍAZ

LES TESSEL·LES DE VIDRE METÀL·LIC DAURAT DE MURANO EMPRADES EN MOSAIC  
ESTUDI, CARACTERITZACIÓ, EVOLUCIÓ HISTÒRICA I CONSERVACIÓ-RESTAURACIÓ

Treball Final de Grau, Grau de Conservació-Restauroció de Béns Culturals, Facultat de Belles Arts,  
Universitat de Barcelona, curs 2019/2020

- Feliu Franch, J. (1999). *La cerámica arquitectònica de Onda en el siglo XIX*. Tesis Universitat Jaume I, Valencia.
- Fernández Navarro, J.M<sup>a</sup>. (2010) “La Sociedad Española de Cerámica y vidrio a lo largo de medio siglo”. *Boletín de la Sociedad Española de Cerámica y Vidrio*, Vol.49, N<sup>o</sup>6, pp. 377-392.
- Ferrari, D.; Visser Travagli, A.M<sup>a</sup>. (octubre 2007) “Il vetro nell’alto adriatico”. Soprintendenza per i Beni Archeologici dell’Emilia Romagna, Università degli Studi di Ferrara, Association Internationale pour l’Histoire du Verre Comitato Nazionale Italiano, *IX Giornate Nazionali di Studio*, Ferrara, (13-14 desembre 2003) Editrice La Mandragora, Imola, ISBN 88-7586-160-9.
- García Heras, M. (sense any) “Estudio y conservación de materiales: Las vidrieras de La Catedral de León como caso práctico”. Instituto de Historia (CCHS-CSIC), *La conservación de los geomateriales utilizados en el patrimonio*.
- García Heras, M.; Villegas Broncano, M<sup>a</sup>Á. (2004) “Notas para el estudio científico del vidrio antiguo”. Centro Nacional de Investigaciones Metalúrgicas (CENIM). Consejo Superior de Investigaciones Científicas, *Zhepyrus* N<sup>o</sup>57, pp.377-390. ISSN 0514-7336.



- García Heras, M.; Villegas Broncano, M<sup>a</sup>Á. (deseembre 2015) “Innovación y gestión de la conservación preventiva en museos: un ejemplo con colecciones de vidrio y materiales cerámicos”. Instituto de Historia, Centro de Ciencias Humanas y Sociales-Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CCHS-CSIC), *Ph investigación*, Nº5, pp. 103-117.
- García Sandoval, J. (juliol 2004) “Musivaria: arte y técnica. Taller de mosaicos romanos”. *Revista ArqueoMurcia*, Nº2, ISSN 1696-974X.
- Gil, C.; Agua, F.; Villegas, M<sup>a</sup>Á. (11 setembre 2019) “Opacificación de vidrio sonoro superior”. *Boletín de la Sociedad Española de Cerámica y Vidrio*, Nº175).
- Gómez Ramió, J. (juliol 2015) *Los pináculos de la Sagrada Familia: restauración y obra nueva. Tesis Universitat Politècnica de Catalunya*.
- González García, J.L. (1998) “El coleccionismo de vidrio artístico español en los siglos XVI y XVII”. *Boletín del Museo e Instituto Camón Aznar*, Nº73, pp.111-140. ISSN 0211-3171.
- González Alonso, E. (1997) “Tratado del dorado, plateado y su policromía: tecnología, conservación y restauración.” *Universitat Politècnica de València*, pp.133-134. ISBN 84-7721-478-6.



- Grande Buendía, M. C.; Hernández Rivera, R. A.; Renderos Bardales, L. M. (febrer 2018). "Sistematización de los procesos de termoformado y termofundido en vidrio flotado para su aplicación artística en San Salvador, 2017". *Universidad de El Salvador*.
- Grima López, R. (2004) *El hormigón en el Templo de la Sagrada Familia. Tesis Universitat Politècnica de Catalunya*.
- Guidobaldi, F.; Grandi Carletti, M.; Olevano, F. (1995) "Bolettino AISCOM N°2-1995". *Associazione Italiana Per lo Studio e la conservazione del Mosaico. Roma*.
- Gutiérrez, C. (sense any) "Ventajas y limitaciones del análisis de los bienes culturales con PIXE: el caso de los vidrios romanos y de los pigmentos blancos en la pintura". *Universidad Autónoma de Madrid, Servicio de Conservación, Restauración y Estudios Científicos del Patrimonio Arqueológico (SECYR), Centro de Micro-Análisis de Materiales (CMAM)*, pp.269-280.
- Gutiérrez Pérez, J.; Villalobos García, R.; P. Odriozola, C. (2015) "El uso de la variscita en hispania durante la época romana. Análisis de composición de objetos de adorno y teselas de la zona noroccidental de la meseta norte". *Departamento de Prehistoria, Arqueología, Antropología Social y CC. y TT. Historiográficas, Universidad de Valladolid, Departamento de Prehistoria y Arqueología, Universidad de Sevilla, Spal N°24*, pp.165-181.

- ICCROM. (1985) "Mosaics N°1; Deterioration and Conservation". "Mosaics N°2; Safeguard". "Mosaics N°3; Conservation in situ, Aquilea". *International Committee For The Conservation Of Mosaics, Comite International Pour La Conservation Des Mosaïques*.
- Instituto Centrale Per Il Restauro. (1987) "Tecniche di esecuzione e materiali costitutivi; Corso sulla Manutenzione di Dipinti Murali, Mosaici, Stucchi". DIMOS parte 1, modulo 1 – 1978, *Instituto Centrale per il Restauro*, Ristampa.
- James, L. (2006) "Byzantine glass mosaic tesserae: some material considerations". Department of Art History, University of Sussex, *Byzantine and Modern Greek Studies*, Vol.30 N°1, pp. 29–47.
- Jiménez Rojas, J.W.; C. Consoli, N.; Salvagni Heineck, K. (deseembre 2008) *Durabilidad de un suelo contaminado y tratado con cemento portland*. Universidade Federal do Rio Grande do Sul BRASIL (maig-octubre 2008), *Revista Ingeniería de Construcción*, Vol.23 N°3, pp.163-170.
- Lapuente Aragó, R. (2014) "Durabilidad del Hormigón en contacto con Sulfatos" Presentaciones adaptadas al texto del libro: "Temas de química (II) para alumnos de ITOP e ICCP". *Departamento de Ingeniería de la Universidad de Alicante*.

- Llobet Font, S.; Andino Pol, L.; Colonna-Preti, K. (2015) “La conservació-restauració de los elementos de mosaico del pabellón de la Administración del Hospital de la Santa Creu i Sant Pau (Barcelona)” . *Unicum*, Nº14, pp. 173-180.
- López Martínez, O. (28 setembre 2018) *Vidrio de Murano: usos en construcción y conservación*. TFG Universitat Politècnica de Catalunya, Barcelona.
- Márquez García, M<sup>a</sup>L.; Delgado Olmos, Á.H. (sense any) “Diseño de teselas con curvas de forma libre” . *Expresión Gráfica Arquitectónica*.
- Mattein, M.; Moles, A. (2008) “La química en la restauración: los materiales del arte pictórico.” San Sebastián, Nerea, pp.89-90. ISBN 978-84-89569-54-6.
- MAYER, R. (1993) “*Materiales y técnicas del arte.*” Tursen Hermann Blume, Madrid, pp. 580-581. ISBN 84-87756-17-4.
- Minvielle Larousse, N.; Bailly-Maître, M.C.; Blanchi, G. (2019) “Les métaux précieux en méditerranée médiévale exploitations, transformations, circulations”. *Bibliothèque d’Archéologie Méditerranéenne et Africaine, Archéologies méditerranéennes*, Actes du colloque International d’Aix-en-Provence des 6, 7 et 8 octobre 2016, *Presses Universitaires de Provence*.

- Molist Porta, M. (juliol 2014) *Evaluación de la durabilidad de piezas de trencadís mediante ensayos no destructivos. Tesis Universitat Politècnica de Catalunya*, Barcelona.
- Morales Ortega, L. (setembre 2017) *El vidrio en la edificación. Propiedades, aplicaciones y estudios de fracturas en casos reales. TFG Universitat Politècnica de Catalunya*, Barcelona.
- Neira Jiménez, L. (2016) “Estudios sobre mosaicos antiguos y medievales” Atti del XIII Congreso Internacional de la AIEMA. Roma «L'ERMA» di BRETSCHNEIDER, ISBN: 978-88-913-1239-6.
- Neri, E.; Verità, M. (2013) “Produrre tessere d'oro: bordi di piastra, ricettari, analisi archeometriche”. XVIII Col·loqui AISCOM, Cremona, (14-17 març 2012), Tivoli, pp. 491-505.
- Neri, E.; Blanc, Bijon, V. (2016) “La production de tesselles en verre entre le IVe et le VIe s.: Comparaison entre Orient et Occident. Étude archéométrique nouvelle sur des, tesselles de la cathédrale Saint-Césaire d'Arles et de la basilique de l'Éléona à Jérusalem”. Atti del XIII Congreso Internacional de la AIEMA. Roma «L'ERMA» di BRETSCHNEIDER ISBN: 978-88-913-1239-6.

- Neri, E. (2019) “Il vetro dei mosaici occidentali: Produzione e commercio (V-X sec.)”. *L’Alto Medioevo. Artigiani, tecniche produttive e organizzazione manifatturiera*, Vol.4, Le Suggestioni del vetro, materie prime, tecniche di produzioni, contesti d’uso, circolazioni dei manufatti (VI-IX SEC.) Roma, pp. 49-60. ISBN 978-88-98392-97-1.
  
- Orozco Camargo, H. Y. (octubre 2019) *Reconocimiento y evaluación de la calidad del Vidrio Metálico Dorado de Murano usado como revestimiento exterior con la técnica del trencadís en la arquitectura modernista catalana. Patrones de alteración y su efecto en la durabilidad. TFM Universitat Politècnica de Catalunya*, Barcelona, Tomo I.
  
- Osticioli, I.; Capozzoli, L.; Salvadori, B.; Banchelli, M.; Lavacchi, A.; Matteini, P.; Siano, S.; Gallo, L. (2019) “The “oro di metà” Gilding in the Fifteenth-Century: A Multi-Analytical Investigation”. *Heritage*, Nº2, pp. 1166–1175.
  
- Palomar Sanz, T. (2011) *Estudio arqueométrico de muestras procedentes de mosaicos romanos de Itálica y Carmona (Sevilla)*. Instituto de Historia, Centro de Ciencias Humanas y Sociales (CCHS) Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC), Madrid, *Estrat Crític* 5, Vol.3, pp. 53-60.
  
- Palomar Sanz, T.; García-Heras, M.; Saiz Jiménez, C.; Márquez, C.; Villegas, M<sup>a</sup>A. (octubre-diciembre 2011) “Patologías y estudio analítico de materiales



procedentes de mosaicos de Carmona e Itálica". *Materiales de Construcción*, Vol.61 N°304, pp. 629-636. ISSN: 0465-2746.

- Palomar Sanz, T. (2015) *Guía rápida para estudiar el color de un vidrio*. Universidad Nova de Lisboa.
- Pedrola i Font, A. (2008) "Materiales, procedimientos y técnicas pictóricas." *Ariel*, Barcelona, pp.132-133. ISBN 978-84-344-6726-2.
- Perea, A.; Montero, I.; Gutiérrez, P.C.; Climent-Font, A. (juliol-desembre 2008) "Origen y trayectoria de una técnica esquivia: el dorado sobre metal". *Trabajos de prehistoria*, Vol.65 N°2, pp. 117-130. ISSN: 0082-5638.
- Riu De Martín, M<sup>a</sup>C. (juliol-desembre 2008) "La manufactura del vidrio y sus artificios en la Barcelona bajomedieval". *Índice Histórico Español, Universitat de Barcelona, Anuario de Estudios Medievales*, Vol.38 N°2, pp. 585-609. ISSN 0066-5061.
- Rodríguez García, J. (1986) "El vidrio veneciano de los siglos XV al XVII y su influencia en Cataluña". *Ph.D.diss Universidad Nacional de Educación a Distancia*, Madrid.



- Rodríguez García, J. (1989) "Piezas de vidrio suntuario catalán en la <<bichierografía>> de Giovanni Maggi (1604)". *D'Art*, pp. 181-191.
- Rodríguez García, J. (2000) "Los vidrios esmaltados catalanes (siglos XVI y XVII)". *Espacio, Tiempo y Forma*, Serie VII, H." del Arte, Tomo 13, pp. 85-133.
- Rosell, J.R.; Cantalapiedra, I.R. (15 de juliol 2010) "Método simple para determinar el módulo de Young dinámico a partir de una excitación por impacto aplicado a morteros de cal y cemento". *Materiales de construcción*, Vol.61 N°301, pp.39-48. ISSN 0465-2746.
- Saliné i Perich, M. (2003) *Lluís Brú Fragments d'un creador; Els mosaics modernistes. Diputació de Barcelona*, pp. 1-160.
- Saliné i Perich, M. (2013) "L'Hospital de Sant Pau una ciutat hospitalària dins la ciutat. La ceràmica l'element tradicional que esdevé unificador dels espais". *International Congress. Actes Barcelona*, pp.1-13.
- San Andrés, M.; Gómez, M.; Chércoles, R; De La Roja, J.M.; Del Egido, M. (sense any) "Propuesta de evaluación de materiales poliméricos usados en la conservación de objetos patrimoniales". Universidad Complutense de Madrid, Instituto de Patrimonio Cultural de España, *La Ciencia y el Arte III, Ciencias experimentales y conservación del patrimonio*. pp. 217-238. Ministerio de Cultura.



- Sanz Lobo, E. (2005) El vidrio como materia escultórica: técnicas de fusión, termoformado, casting y pasta de vidrio. *Tesis Universidad Complutense Madrid*, ISBN 84-669-2721-2.
- Siegel, J.; Lyutakov, O.; Rybka, V.; Kolská, Z.; Švorčík, V.; (2011) "Properties of gold nanostructures sputtered on glass". *Nanoscale Research Letters SpringerOpen Journal*, Vol.6 Nº96.
- Sorroche Cruz, A.; Dumont Botella, A. (juny 2005) "Historia del vidrio, Un recorrido histórico por las diversas técnicas de fabricación de este material singular, que aúna utilidad y belleza, y que ha experimentado un espectacular desarrollo en las tres últimas décadas". *Técnica industrial*, Nº257.
- Subias Pujadas, M<sup>a</sup>P. (1989) "Pujol i Bausis Centre productor de ceràmica arquitectònica". Ajuntament d' Esplugues, Àrea de promoció de la ciutat.
- T. G. H. J. (1972) "Gold Technology in Ancient Egypt; mastery of metal working methods". *The British Museum Gold Bulletin*, Vol.5 Nº2 , London, pp.38-42.
- Traversa, L.P. (sense any) "Determinación de la composición de morteros endurecidos de cal, híbridos y de cemento portland". Ensayo LEMIT-CIC, La Plata, Argentina.
- Vallespín Muniesa, A. (2012) "La luz dibujada en bizancio". *Expresión Gráfica Arquitectónica* Nº19, pp. 231-241, ISSN 1133-6137, ISSN-e 2254-6103.

- Van Wersch, L.; Verslype, L.; Strivay, D.; Theuws, F. (2019) "Early Medieval Tesserae in Northwestern Europe". *Habelt-Verlag*, Bonn, ISBN 978-3-7749-4203-5.
- Varas, M.J.; Álvarez De Buergo, M.; Fort, R. (sense any) "Piedras artificiales: morteros y hormigones. El cemento como máximo representante de estos materiales de construcción". *Facultad de CC. Geológicas, Departamento de Petrología y Geoquímica, Instituto de Geología Económica (CSIC-UCM). Facultad de CC. Geológicas*.
- Villca Pozo, A.R. (juliol 2016) *Utilización de Cementos activados alcalinamente para la mejora de las propiedades de morteros cal-puzolana*. Trabajo de Investigación CST/MIH, Ingeniería de la Construcción y Proyectos de Ingeniería Civil, *Universitat Politècnica de València*.
- Villegas Broncano, M<sup>a</sup>Á. (sense any) *Desarrollo histórico y formal de la escultura en vidrio*. *Tesis Universidad de Granada*, pp. 33-140. ISBN 978-84-9125-973-2.

## 9.2 FONTS WEB

- Vídeo de Youtube "PAN DE ORO" penjat pel canal "Telantiqua restauración de tejidos históricos" i suggerit per "British Pathé" [Disponible online a <<https://www.youtube.com/watch?v=iFLtGOLXoDs>> ] (Consultat el 22/04/2020).

- Vídeo "Showcase: Orsoni Mosaic Furnace", del canal "TRT World" [Disponible online a <<https://www.youtube.com/watch?v=SVaw-vDSriU>> ] (Consultat el 22/04/2020).
- Vídeo "Orsoni Furnace - molten glass, Venice Italy, October 2019" del canal "Sheryl Crowley" [Disponible online a <<https://www.youtube.com/watch?v=7mRzfQ-yrBw>> ] (Consultat el 22/04/2020).
- Vídeo "The Orsoni Furnace Room, Venice, Italy October 2019" del canal "Sheryl Crowley" [Disponible online a <<https://www.youtube.com/watch?v=TSriAZY04pc>> ] (Consultat el 22/04/2020).
- Vídeo "LaunchPad: Making Ancient and Byzantine Mosaics" del canal "The Art Institute of Chicago" [Disponible online a <<https://www.youtube.com/watch?v=fvX1vorZgF4>> ] (Consultat el 22/04/2020).
- Web del Museu Nacional d'Art de Catalunya [Disponible online a <<https://www.museunacional.cat/es>> ] (Consultada el 22/04/2020).
- Web de l'ajuntament d'Esplugues de Llobregat sobre l'Arxiu Municipal d'Esplugues de Llobregat [Disponible online a <<https://www.esplugues.cat/ambits/temes/patrimoni/larxiu-municipal-desplugues-de-llobregat-ame>> ] (Consultada el 22/04/2020).



- Web del Museu de Ceràmica La Rajoleta [Disponible online a <http://museus.esplugues.cat/?lang=es>] (Consultada el 22/04/2020).
- Web Domus Sophiae Mosaicos (Tesela a tesela, la història del mosaico) [Disponible online a <https://domussophiae.com/historia/>] (Consultat el 22/04/2020).
- Web Real Fábrica de Cristales de La Granja [Disponible online a <http://www.realfabricadecristales.es/es/informacion/aranas>] (Consultada el 28/05/2020).
- Web del Blog Sagrada Família [Disponible online a <https://blog.sagradafamilia.org/es/los-oficios/trencadis-marca-gaudi/>] (Consultada el 28/05/2020).
- Web del Museo del Vetro [Disponible online a <https://museovetro.visitmuve.it/>] (Consultada el 07/06/2020).
- Web d'orsoni [Disponible online a <https://www.orsoni.com/history-heritage/>] (Consultada el 07/06/2020).
- Web del proveïdor de materials d'on s'han extret algunes de les característiques ja estandarditzades de l'or i la sílice [Disponible online a <http://www.goodfellow.com/S/Oro.html>] (consultada el 08/07/2020).
- Web de l'enciclopèdia Catalana [Disponible online a <https://www.enciclopedia.cat/ec-gec-0127976.xml>] (Consultada el 08/07/2020).

IRENE GARCÍA DÍAZ

LES TESSEL·LES DE VIDRE METÀL·LIC DAURAT DE MURANO EMPRADES EN MOSAIC  
ESTUDI, CARACTERITZACIÓ, EVOLUCIÓ HISTÒRICA I CONSERVACIÓ-RESTAURACIÓ

Treball Final de Grau, Grau de Conservació-Restauroció de Béns Culturals, Facultat de Belles Arts,  
Universitat de Barcelona, curs 2019/2020

- Web del Museu del Modernisme de Barcelona [Disponible online a <<https://www.mmbcn.cat/el-museu/modernisme-a-catalunya/>> ] (Consultada el 08/07/2020).
- Catàleg web de Donà [Disponible online a <[https://www.mosaicidonamurano.com/mosaics\\_glass/2\\_\\_\\_golds\\_48\\_colours-3.html](https://www.mosaicidonamurano.com/mosaics_glass/2___golds_48_colours-3.html)> ] (Consultada el 07/08/2020).
- Catàleg web d'Orsoni [Disponible online a <<https://www.orsoni.com/the-color-choice/>> ] ( Consultada el 08/07/2020).
- Web Vidalglass [Disponible online a <<http://acav.cat/vidalglass/>> ] (Consultada el 08/07/2020).
- Catàleg Web d'Ariplak Decoreflex Oro [Disponible online a <[https://www.duglass.com/wp-content/uploads/2017/06/2\\_recomenda-propiedades\\_DECO.pdf](https://www.duglass.com/wp-content/uploads/2017/06/2_recomenda-propiedades_DECO.pdf)> ] (Consultada el 08/07/2020).

## 10.ANNEXOS

### 10.1.ANNEX PRÀCTIQUES EXTERNES

En aquest annex es podran apreciar alguns dels recursos de baix pressupost emprats per al diagnòstic de la peça 153203-000 propietat del Museu Nacional d'Art de Catalunya, com ara l'observació acurada, les fotografies amb augment o l'ús de les matemàtiques i el dibuix lineal.



## REALITZAR CALC DE LA PEÇA

(Esquerra) Fig. 3. Imatge realitzada per Irene García Díaz, del calc realitzat sobre la peça 153203-000, propietat del Museu Nacional d'Art de Catalunya.

(Dreta) Fig. 4. Fotografies realitzades per Irene García Díaz durant l'elaboració del calc de la peça 153203-000, propietat del Museu Nacional d'Art de Catalunya.



© Museu Nacional d'Art de Catalunya, Barcelona (2020)  
Foto: Irene García Díaz

## EXÀMEN AMB LUPA BINOCULAR I FOTOGRAFIAR MOSTRES

Fig. 5. Macrofotografies realitzades per Irene García Díaz de les tesselles de pasta vitria marró (esquerra), les de pasta vitria vermella (centre) i les de vidre metàl·lic daurat (dreta), pertanyents a la peça 153203-000, propietat del Museu Nacional d'Art de Catalunya.



© Museu Nacional d'Art de Catalunya, Barcelona (2020)  
Foto: Irene García Díaz



## LLUM ULTRAVIOLADA

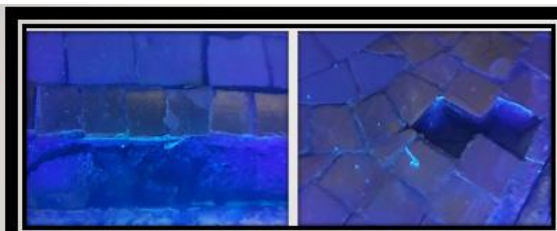


Fig. 6. Fotografia realitzada per Irene García Díaz de les fluorescències verdoses entre les tesselles i el morter, sota llum UV que presenta la peça 153203-000, propietat del Museu Nacional d'Art de Catalunya.

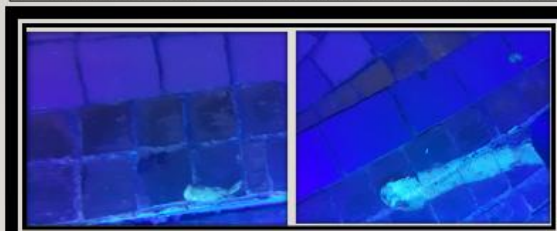


Fig. 7. Fotografia realitzada per Irene García Díaz de les taques amb fluorescència verdosa sota llum UV que presenta la peça 153203-000, propietat del Museu Nacional d'Art de Catalunya.



Fig. 8. Fotografia realitzada per Irene García Díaz de les fluorescències verdoses entre les tesselles, sota llum UV, que presenta la peça 153203-000, propietat del Museu Nacional d'Art de Catalunya.



© Museu Nacional d'Art de Catalunya, Barcelona (2020)  
Foto: Irene García Díaz

## MAPES DE DEGRADACIÓ

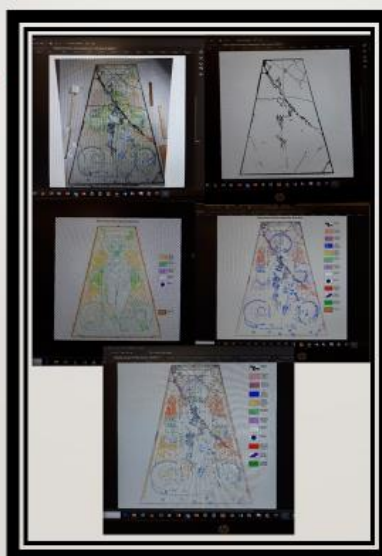
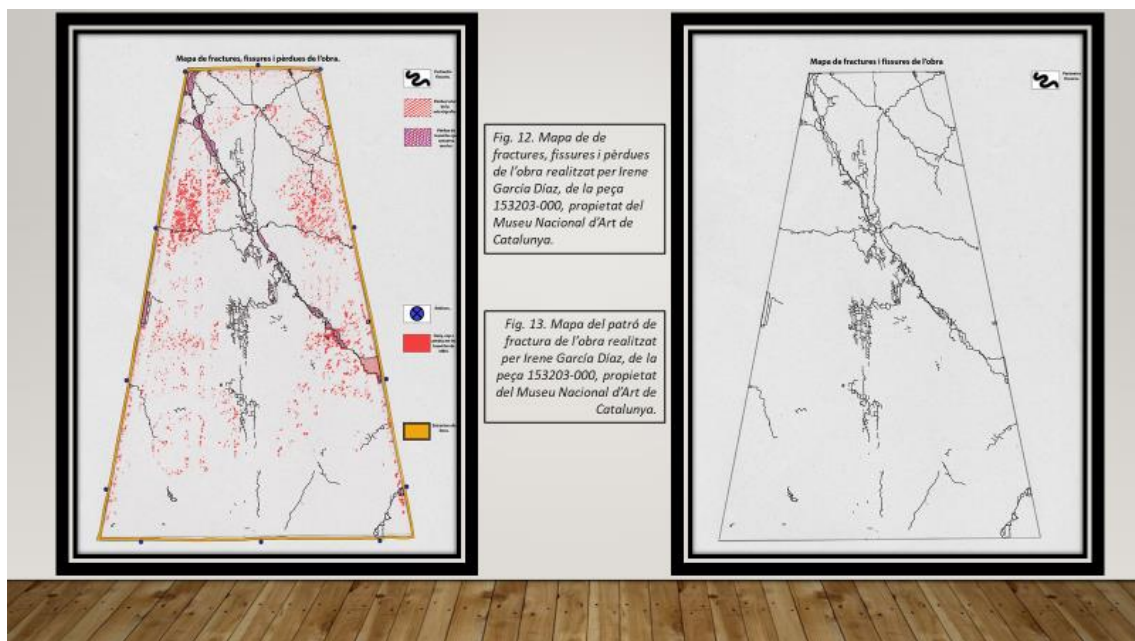


Fig. 9. Fotografies realitzades per Irene García Díaz del procés d'elaboració dels mapes de la peça 153203-000, propietat del Museu Nacional d'Art de Catalunya.

© Museu Nacional d'Art de Catalunya, Barcelona (2020)  
Foto: Irene García Díaz



© Museu Nacional d'Art de Catalunya, Barcelona (2020)  
Foto: Irene García Díaz



© Museu Nacional d'Art de Catalunya, Barcelona (2020)  
Foto: Irene García Díaz

## MAPES DE DEGRADACIÓ

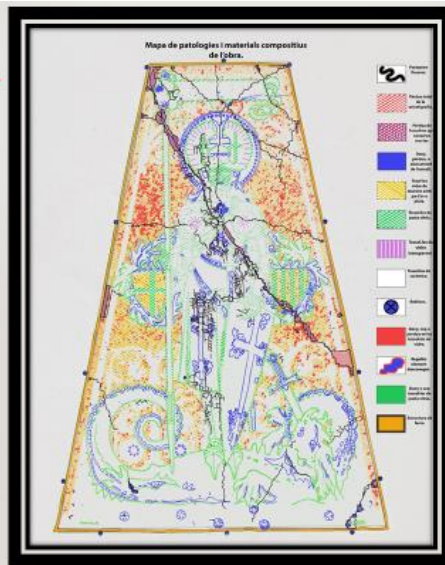


Fig. 14. Mapa de patologies i materials compostius de l'obra realitzat per Irene García Díaz, de la peça 153203-000, propietat del Museu Nacional d'Art de Catalunya.

© Museu Nacional d'Art de Catalunya, Barcelona (2020)  
Foto: Irene García Díaz

## VISITA AMEL

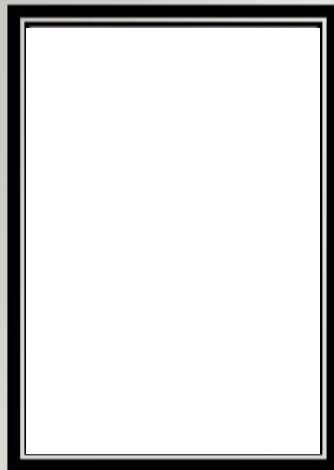


Fig. 17. Fotografia enviada per l'Arxiu Municipal d'Espelmes de Llobregat a l'Alex Masalles Rivera, sobre el dibuix del (L'Amel) en (Amel). Propietat de l'Arxiu Municipal d'Espelmes de Llobregat.

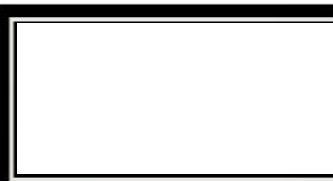


Fig. 18. Fotografia realitzada per Alex Masalles Rivera d'un rebut a nom d'en Lluís Brú d'una botiga per esculptura de Barcelona, en compra ceràmica vidrada de diferents materials. Propietat de l'Arxiu Municipal d'Espelmes de Llobregat.



Fig. 19. Fotografia realitzada per Alex Masalles Rivera d'un rebut a nom d'en Lluís Brú d'una botiga per de Barcelona, en compra ceràmica vidrada de diferents materials. Propietat de l'Arxiu Municipal d'Espelmes de Llobregat.



Fig. 20. Fotografia realitzada per Alex Masalles Rivera, d'un rebut a nom d'en Lluís Brú d'una botiga d'Amel (pasta vitra) de Lorenzo Rasi, de Murano Itàlia, en compra: gaires de pasta vitra de diferents materials. Propietat de l'Arxiu Municipal d'Espelmes de Llobregat.



Fig. 21. Fotografia realitzada per Alex Masalles Rivera, d'un rebut a nom d'en Lluís Brú d'una botiga d'Amel (pasta vitra) d'Ugo Denti, de Murano Itàlia, en compra 2000 Kg de vidre metàl·lic daurat tallat. Propietat de l'Arxiu Municipal d'Espelmes de Llobregat.

IRENE GARCÍA DÍAZ

LES TESSEL·LES DE VIDRE METÀL·LIC DAURAT DE MURANO EMPRADES EN MOSAIC  
ESTUDI, CARACTERITZACIÓ, EVOLUCIÓ HISTÒRICA I CONSERVACIÓ-RESTAURACIÓ

Treball Final de Grau, Grau de Conservació-Restauroació de Béns Culturals, Facultat de Belles Arts,  
Universitat de Barcelona, curs 2019/2020



## MOVIMENT PEÇA I CALC PECES DE FUSTA



Fig. 19. Fotografia realitzada per Irene García Díaz, on es poden apreciar els retalls de fusta i el plàstic per al calc, pertanyents a la peça 153203-000, propietat del Museu Nacional d'Art de Catalunya.

Fig. 20. Fotografia realitzada per Irene García Díaz, on es pot apreciar el calc ja elaborat, propietat del Museu Nacional d'Art de Catalunya.



© Museu Nacional d'Art de Catalunya, Barcelona (2020)  
Foto: Irene García Díaz

## PATRÓ DEFORMACIÓ

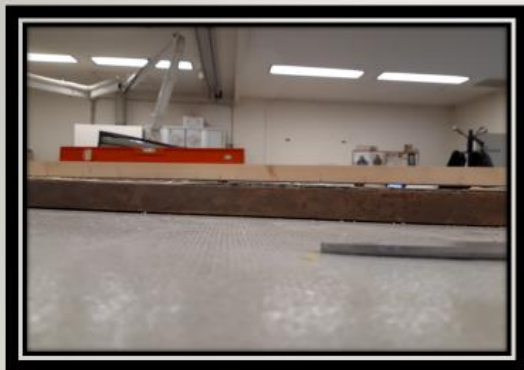
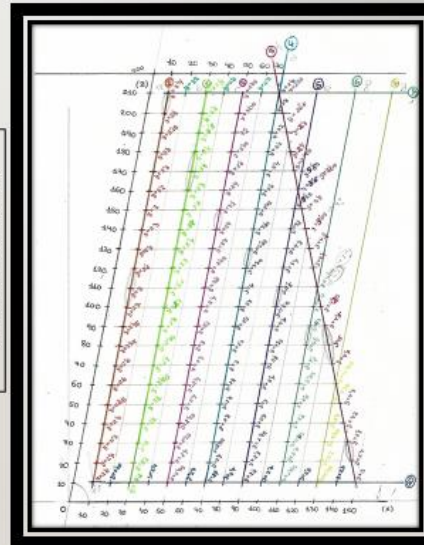


Fig. 21. Fotografia realitzada per Irene García Díaz, on es pot apreciar el sistema de presa de mesures ja elaborat sobre la peça 153203-000, propietat del Museu Nacional d'Art de Catalunya.

Fig. 22. Escaneig de la quadricula romboidal, elaborada en el trapezoide a escala 1:10, realitzada per Irene García Díaz, on s'han escrit les alçades corresponents a cada punt.



© Museu Nacional d'Art de Catalunya, Barcelona (2020)  
Foto: Irene García Díaz

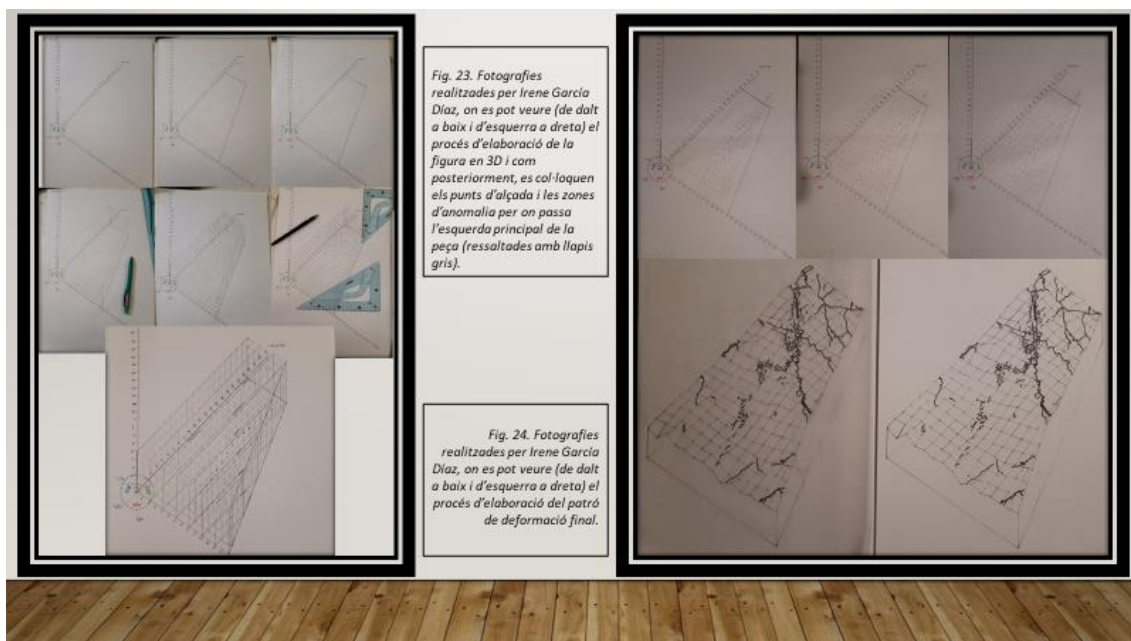


Fig. 23. Fotografies realitzades per Irene García Díaz, on es pot veure (de dalt a baix i d'esquerra a dreta) el procés d'elaboració de la figura en 3D i com posteriorment, es col·loquen els punts d'alçada i les zones d'anomalia per on passa l'esquerda principal de la peça (ressaltades amb llapis gris).

Fig. 24. Fotografies realitzades per Irene García Díaz, on es pot veure (de dalt a baix i d'esquerra a dreta) el procés d'elaboració del patró de deformació final.

© Museu Nacional d'Art de Catalunya, Barcelona (2020)  
Foto: Irene García Díaz



## PATRÓ DE DEFORMACIÓ

Fig. 22. Patró de deformació de l'obra realitzat per Irene García Díaz, de la peça 153203-000, propietat del Museu Nacional d'Art de Catalunya.

© Museu Nacional d'Art de Catalunya, Barcelona (2020)  
Foto: Irene García Díaz



UNIVERSITAT DE  
BARCELONA